Zur Erzführung und Geochemie in den neuerschlossenen Teilen der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N-Italien)

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs 24 (Geowissenschaften)
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Helmar Pagel

aus Gera

Berlin 1975

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533913_0026

Zur Erzführung und Geochemie in den neuerschlossenen Teilen der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N-Italien)

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs 24 (Geowissenschaften)
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Helmar Pagel

aus Gera

Berlin 1975

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

1. Referent: Prof. Dr. H.-J. Schneider
2. Referent: Prof. Dr. F. K. List

Tag der mündlichen Prüfung: 29./30.10.1975

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	VORWORT	5
1.	EINLEITUNG	7
1.1	Geologischer Überblick	10
1.2	Vorangegangene Untersuchungen	12
1.3	Problemstellung	15
2.	BERGBAU SCHNEEBERG	17
2.1	Historischer Überblick	17
2.2	Ökonomischer Überblick	18
3.	DIE LAGERSTÄTTE SCHNEEBERG	20
3.1	Form, Nebengestein, Tektonik	20
3.2	Die genetische Deutung der Lagerstätte Schneeberg	25
4.	DIE ERZFÜHRUNG IN DEN NEUEN AUFFAHRUNGEN DER GRUBE	28
4.1	Erzmineralparagenese	29
4.11	Mineralogie des Erzes	29
4.12	Beschreibung der Erzminerale	32
4.13	Erzarten	76
4.2	Lagerungsverband und Tektonik der Vererzung	77
4.3	Räumliche Verteilung der Erzparagenesen	89
5.	ZUR GEOCHEMIE DER SULFIDERZE	92
5.1	Spurenelementgehalte in Sulfiden	92
5.11	Meßtechnik	92
5.2	Magnetkies und Pyrit	93
5.21	Vorbemerkungen	93
5.22	Probenahme, Art der Proben	96

		Seite
5.23	Aufbereitung der Proben	97
5.24	Literaturangaben über Co- und Ni-Analysen von Magnetkies und Pyrit anderer Lagerstätten	98
5.25	Co- und Ni-Analysen von Magnetkies aus den Lagerstättenbezirken Schneeberg und Pflersch	102
5.251	Mobilisierte Magnetkiese	109
5.252	Pyrit	113
5.3	Zinkblende	114
5.31	Vorbemerkungen	114
5.32	Probenahme, Art der Proben	115
5.33	Aufbereitung der Proben	117
5.34	Ältere geochemische Daten von Zinkblende und Bleiglanz	119
5.35	Spurenelementgehalte in Zinkblenden aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflersch	123
5.4	S-Isotopenuntersuchungen	131
5.41	Vorbemerkungen	131
5.42	Aufbereitung der Proben, Analysenverfahren	131
5.43	Meßergebnisse	132
6.	TEKTONISCHE ÜBERPRÄGUNG VON ERZ UND NEBENGESTEIN	136
7.	METAMORPHE MOBILISATION DER SULFIDERZE	147
8.	ZUSAMMENFASSUNG	154
	LITERATURVERZEICHNIS	158

VORWORT

Die Anregung zur vorliegenden Arbeit, die im Februar 1971 begonnen wurde, gab mein verehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. H.-J. SCHNEIDER, Freie Universität Berlin, dem ich für sein Interesse an der Arbeit, für zahlreiche kritische Anregungen im Verlauf gemeinsamer Grubenbefahrungen sowie für verständnisvolle Unterstützung während der Auswertung der Ergebnisse danke. Der Firma A.M.M.I. s.p.a. (Azienda Minerali Metallici Italiani), Rom, vertreten durch ihren Chefgeologen, Herrn Dr. W. MÜNCH, danke ich für umfassende materielle und finanzielle Unterstützung während meines Aufenthaltes in der Grube Schneeberg. Herrn Dr. W. MÜNCH gilt darüberhinaus mein besonderer Dank für wertvolle praktische Hinweise und Diskussionen.

Herrn Prof. Dr. F. K. LIST, Freie Universität Berlin, möchte ich meinen Dank für eine erste gemeinsame Geländebegehung und Grubenbefahrung abstatten.

Die Bergwerksdirektoren der Grube Schneeberg, Dr. OTTAVIANI, Dr. STEFANI und Herr Dr. SERAFINI, Rom, stellten mir freundlicherweise Arbeits- und Wohnmöglichkeiten zur Verfügung. Ferner sei die gute Zusammenarbeit mit der Grubenverwaltung und -belegschaft dankend erwähnt. Herr Dr. P. AQUARONI, Grubengeologe in Schneeberg, hat die Untertagearbeiten durch Bereitstellung geologischer Unterlagen und Daten stets erleichtert.

Herr Prof. Dr. L. BRIGO, Universität Mailand, hat meine Arbeit durch Überlassung einer großen Anzahl von Erzanschliffen aus dem Alten Lager in kollegialer Weise gefördert. Mein besonderer Dank gilt ihm auch für die Unterstützung, die er mir während meines Aufenthaltes am Mineralogischen Institut der Universität Mailand zuteil werden ließ.

Herrn Prof. Dr. E. SEELIGER, Technische Universität Berlin, sowie seinen Mitarbeitern bin ich für die Klärung von Problemen auf dem Gebiet der Erzpetrographie zu Dank verpflichtet.

Herr Prof. Dr. H. FÖRSTER und Herr Dr. N. SCHMITZ, beide RWTH Aachen, haben in manch anregender Diskussion zum Verständnis geologischer Zusammenhänge im Raum Schneeberg/Pflersch beigetragen.

Herrn Prof. Dr. K. H. WEDEPOHL, der mir freundlicherweise einen Platz im "Zentrallaboratorium für die Geochemie der Isotope" in Göttingen zur Verfügung stellte, und Herrn Dr. H. NIELSEN, der mich dort betreute, möchte ich meinen Dank aussprechen.

Herr Prof. Dr. P. NEY, Universität Köln, unterstützte meine Arbeit durch gemeinsame Flotationsversuche mit Schneeberger Zinkblenden sowie durch den Bau einer Laborflotationsmaschine.

Umfangreiche Mikrosondenarbeiten wurden von Herrn Prof. Dr. A. WILLGALLIS und Herrn Dr. H.-J. HEYER, beide Freie Universität Berlin, dankenswerterweise durchgeführt und haben auf einem Teilgebiet meiner Arbeit wesentliche Ergebnisse gebracht.

Schließlich möchte ich es nicht versäumen den Herren Prof. Dr. K. GERMANN, Dr. J. KRANZ und besonders Herrn Dipl.-Geol. G. KOCH zu danken, die mir bei geochemischen Untersuchungen oft mit Rat und Tat zur Seite standen.

Den Herren GRUNDMANN sen. und GRUNDMANN jun. danke ich für die Herstellung von Dünn- und Anschliffen sowie Frau R. TIMM für die Anfertigung von Zeichnungen.

Die stete kameradschaftliche Zusammenarbeit mit meinem Kommilitonen und Freund, Herrn V. KLIX, der im gleichen Zeitraum die tektonische Bearbeitung der neuen Lagerstättenaufschlüsse vorgenommen hat, soll hier nicht unerwähnt bleiben.

Herr Dipl.-Math. H. BURGER und Herr Dr. J. KRANZ ermöglichten durch ihre Unterstützung die statistische Auswertung des geochemischen Datenmaterials.

Die Erstellung der Dissertation wurde von der "Zentralen Kommission für Graduiertenförderung" (GFK) durch ein zweijähriges Stipendium gefördert.

Großen Dank schulde ich auch meinen Eltern für umfassende finanzielle Unterstützung.

1. EINLEITUNG

Die Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg (Monteneve) liegt in den südlichen Stubaier Alpen westlich der alten Handelsstadt Sterzing in der autonomen Region Trento-Alto Adige (Trient - Südtirol) Italien (Abb. 1).

Das Bergwerk Schneeberg in St. Martin (2.355 m) sowie die Ausbisse der Lagerstätte befinden sich am Südrand eines 2.370 m bis 2.700 m über NN liegenden Hochtals, das nach W ins Passeiertal (5 km nördlich von Moos) mündet.

Das Erzvorkommen von Schneeberg, ebenso wie die Vererzungen von Pflersch-Gossensaß (Val di Fleres) befinden sich im Ötztal-Stubai-Kristallin an der N-Grenze des Schneeberger Zuges (Abb. 2).

Die Lagerstätte steht derzeitig nicht im Abbau. Seit 1968 läuft ein umfassendes Untersuchungsprogramm, das sich auf Suche und Ausrichtung der am W-Ende des Poschhaus-Karl-Stollens neu angefahrenen Vererzung beschränkt.

Die Untertagearbeiten in den Neuaufschlüssen sowie Geländebegehungen wurden in den Jahren 1971, 1972 und 1973 durchgeführt.

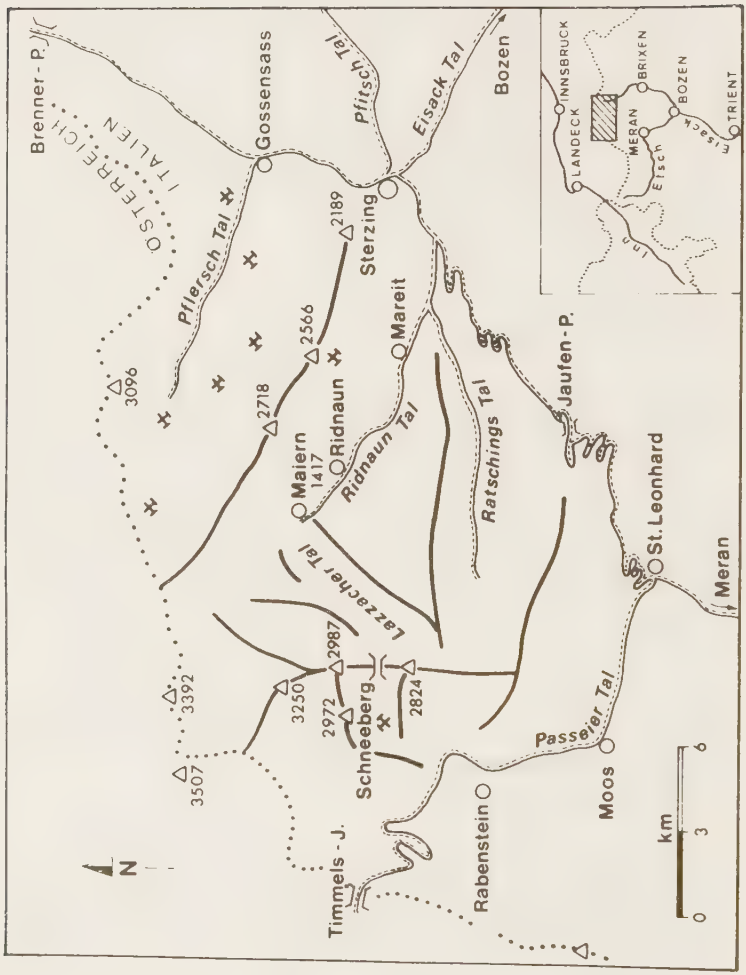


Abb. 1: Übersichtsskizze (nach der topographischen Karte 1:200.000) der Lagerstättenreviere Schneeberg und Pflersch in Südtirol (Alto Adige), Italien

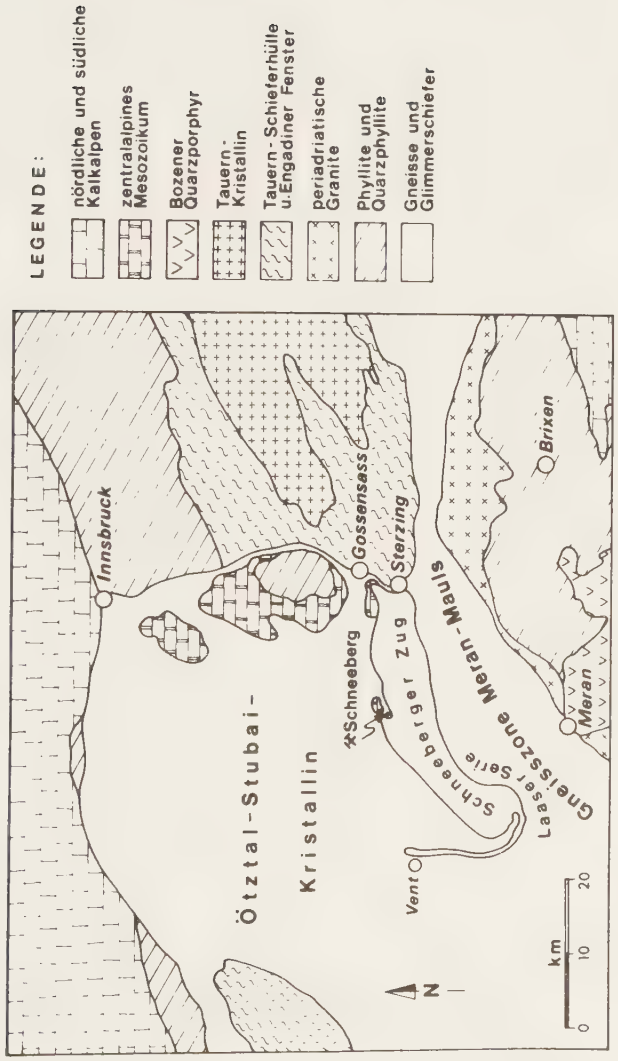


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte (vereinfacht nach der Geologischen Karte von Österreich, 1:1.000.000, 1964)

Als Kartenunterlagen standen die Grubenpläne aller Sohlen zur Verfügung, für Übersichtsbegehungen in Schneeberg die Geologische Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Sölden und St. Leonhard (SCHMIDEGG, 1932) im Maßstab 1:75.000, die Carta Geologica d'Italia, Blatt 4 (Merano) im Maßstab 1:100.000 sowie die Detailkartierung von BAUMANN (1967) im Maßstab 1:10.000. Weiterhin wurden betriebsinterne Veröffentlichungen früherer geologischer Detailarbeiten verwendet.

Die erzpetrographische Auswertung erfolgte auf der Grundlage von 180 Erzanschliffen. Die Handstücke stammen überwiegend aus den Neuaufschlüssen in Schneeberg, ein Teil aus dem Alten Lager und der Pflerscher Vererzung sowie aus 51 Bohrungen (ca. 4.600 m Bohrkern), die aus den neuen Aufschlüssen zur Auswertung kamen (KLIX, 1974).

Für die geochemische Auswertung wurden 65 Magnetkies- und 5 Pyritproben auf 2 Spurenelemente (Co, Ni) und 130 Zinkblendeproben auf 4 Spurenelemente (Co, Fe, Mn und Cd) untersucht.

Auf Schwefelisotopen-Verhältnisse wurden 22 Zinkblende-, 15 Magnetkies- und 3 Pyritproben analysiert. Eine weitergehende Schwefelisotopen-Bestimmung an verschiedenen Sulfidmineralen in Paragenese (24 Magnetkies-, 23 Zinkblende-, 21 Bleiglanz- und 4 Kupferkiesproben) konnte entgegen der ursprünglichen Planung nicht mehr durchgeführt werden.

1.1 Geologischer Überblick

Die Lagerstätte Schneeberg liegt im Bereich des Ötztal-Stubaier-Altkristallins, unmittelbar an der Grenze zum Schneeberger Zug (Abb. 2).

Der Schneeberger Gesteinszug nimmt innerhalb des Ötztalkristallins und der "Alten Gneisse" lithologisch eine

Sonderstellung ein. Sein zentraler Teil wird von typischen Granatglimmerschiefern aufgebaut, in denen am Nordrand und am Südrand des Schneeberger Zuges eine als "Bunte Randserie" bezeichnete Folge von Marmoren, Hornblendegarbenschiefern, Amphiboliten und Quarziten eingeschaltet ist. Granatglimmerschiefer und "Bunte Randserie" sind am Poschhaus-Karl-Stollen (2.000 m) aufgeschlossen und dort im Übergangsbereich zum Ötztal-Kristallin von KLIX (1974) kartiert worden, wobei die sog. "Schneeberger Überschiebung" aus den Arbeiten der Paduaner Schule zwischen Schneeberg- und Ötztalkristallin von KLIX nicht festgestellt werden konnte.

Die tektonische Stellung des Schneeberger Zuges innerhalb des Kristallinkomplexes ist bis heute umstritten. Zwei Deutungsmöglichkeiten werden diskutiert:

1) Der Schneeberger Gesteinszug ist eine eigene alpidische Schubmasse

2) Der Schneeberger Gesteinszug ist eine Schlinge im Ötztal-Stubaier-Altkristallin

Die Deckennatur des Schneeberger Zuges wird im allgemeinen abgelehnt. Der zweiten Deutungsmöglichkeit liegt die Tatsache zu Grunde, daß das SW-Ende des Schneeberger Zuges in den Schlingenbau der südlichen Ötztaler Alpen einbezogen ist (SCHMIDEGG, 1933, 1964; SCHMIDT, 1965; HELBIG, 1969).

Das Ötztal-Stubai-Kristallin wird aus einer eintönigen Serie von Para-Gneissen und -Glimmerschiefern (Gneissglimmerschiefer) aufgebaut, in der konkordante Einschaltungen von Ortho-Gneissen (Muskowit-Gneisse) und Amphiboliten auftreten. Das Alter dieser Gesteine ist mindestens variskisch. FÖRSTER & LEONHARDT (1972) haben als letzte ein präkambrisches Alter angenommen.

In den Ötztaler Gneissen treten jüngere E - W streichende Meta-Basite (KLIX, 1974:54) auf. Im Osten der Ötztal-Stubaier-Alpen und am Nordrand des Schneeberger

Zuges liegen transgressiv über dem Altkristallin noch Reste seiner ehemaligen triassischen und unterjurassischen Deckschichten (Tribulaun, Telfer Weiße, Gürtelwand, Schneeberger Weiße, Moarer Weiße).

Einen schematischen Querschnitt (Abb. 3) durch die gesamte lithologische Folge gibt KLIX (1974) in einem Profil aus dem Lazzacher Tal zur Moarer Spitze (2.806 m). Die Permotrias, die hier im Profil mit berücksichtigt wurde, tritt weiter westlich auf.

1.2 Vorangegangene Untersuchungen

Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen über die Lagerstätte Schneeberg setzten schon sehr frühzeitig ein. Die ältesten Beobachtungen stammen von v. BEUST (1870) und von POŠEPNÝ (1879). Zu Beginn dieses Jahrhunderts setzte dann eine intensive Bearbeitung und Untersuchung der Lagerstätte Schneeberg ein, wobei von besonderer Bedeutung u.a. die Arbeiten von v. ELTERLEIN (1891), BILLEK (1900), WEINSCHENK (1903), CANAVAL (1908), GRANIGG (1907 a/b, 1908 a/b, 1911, 1912) und LAZAREVIC (1911) sind.

Die Vorstellung, daß die Lagerstätte Schneeberg vorwiegend epigenetischer Natur ist, hat zu der damaligen Zeit sicherlich zu Fehlinterpretationen geführt; den Angaben dieser Autoren jedoch nur ein historisches Interesse zuzubilligen, wäre falsch, da die z. T. ausgezeichneten Beobachtungen dieser Autoren eine Grundlage für die Arbeiten bis in die späten sechziger Jahre darstellten.

Basierend auf den Arbeiten, die um die Jahrhundertwende entstanden sind, wurde in den Jahren von 1924 bis 1962 die Lagerstätte Schneeberg immer wieder bei der Betrachtung der ostalpinen Vererzung herangezogen. Hier seien

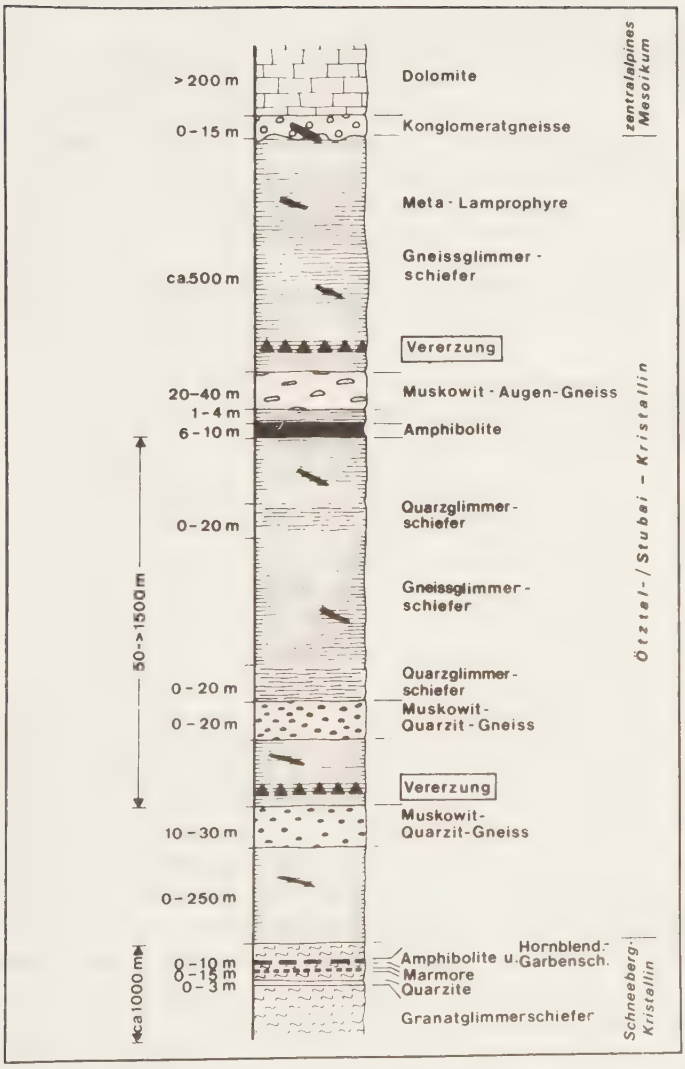


Abb. 3: Schematisches Profil Schneeberg-Kristallin - Ötztal-Kristallin - Zentralalpines Mesozoikum im Bereich des Lazzachertals in bergmännischer (= topographischer) Orientierung nach KLIX (1974)

die Arbeiten von RAMDOHR (1924), CLAR (1931 a/b), TORNQUIST (1932), CLAR & FRIEDRICH (1933), di COLBERTALDO (1957) und FRIEDRICH (1962) erwähnt.

Mit den Arbeitsberichten von KARL (1959, 1961) über Prospektionsarbeiten im Lagerstättenrevier Schneeberg/ Pflersch begann eine intensive Neubearbeitung der Vererzung in diesem Raum durch die Aachener Schule (FÖRSTER, 1960; SCHMITZ, 1971).

Die detailiertesten Darstellungen der Schneeberger Vererzung stammen von FÖRSTER (1960, 1963, 1966 a-c) und von BRIGO (1965), wobei BRIGO erstmals eine ausführliche erzmikroskopische Bearbeitung der Schneeberger Erze vorlegte und FÖRSTER mit Hilfe tektonischer Gefügedaten die geologische Entwicklung der Lagerstätte aufzuzeichnen versuchte und auch auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Schneeberger- und Pflerscher Vererzung einging.

1973 hat KLIX im Rahmen einer Prospektion der A.M.M.I. im Pflerschtal das Gebiet zwischen Schneeberg und Pflersch intensiv untersuchen können und die Ergebnisse, zusammen mit einer tektonischen Bearbeitung der Neuaufschlüsse in Schneeberg, geben den letzten Stand der geologisch-lagerstättenkundlichen Entwicklung im Revier Schneeberg/Pflersch wieder (KLIX, 1974).

In engem Zusammenhang mit der Arbeit von KLIX (1974) müssen die Untersuchungen von SCHMITZ (1971, 1974) gesehen werden, der eine ausführliche Bearbeitung der Pflerscher Lagerstätten bezüglich einer genetischen Deutung vorlegte und als erster konsequent eine synsedimentäre Entstehung für die Lagerstätten im Pflerschtal vertreten hat.

1.3 Problemstellung

Diese Arbeit befaßt sich mit dem Versuch, das generelle Problem der Verteilung bzw. Mobilisation von Blei-Zinkerzen in einem hochmetamorphen Kristallinkomplex am Beispiel der neu aufgefahrenen Teile der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Südtirol zu behandeln.

Mit Hilfe erzpetrographischer und geochemischer Untersuchungsmethoden soll ein lagerstättenkundlicher Beitrag geliefert werden, der folgende Fragestellungen berührt:

a) ist die Lagerstätte Schneeberg nach mineralogischen und geochemischen Kriterien abgrenzbar,

und in bezug auf bergmännische Sucharbeiten:

b) ergeben sich Hinweise zur Exploration weiterer Lagerstättenteile in der Grube Schneeberg.

Das Ziel dieser Arbeit lag außerdem darin, aus den verschiedenen Revieren in den Neuaufschlüssen der Grube Schneeberg systematische geochemische Untersuchungen an Sulfidmineralen vorzunehmen. Derartige Untersuchungen fehlen fast völlig im Alten Lagerstättengebäude, ebenso im Lagerstättenrevier Pflerschtal. Die Probenahme aus beiden Gebieten mußte aber wegen der Konzentration auf die Neuaufschlüsse in Schneeberg lückenhaft bleiben. Diesen geochemischen Daten kommt somit nur eine begrenzte Aussagekraft zu.

Im Rahmen der lagerstättenkundlichen Untersuchungen im Gebiet Schneeberg/Pflersch wurde außerdem von OMAR (1974) eine Diplomarbeit über die Geochemie der Wässer und Sedimente im Lazzachertal/Ridnauntal sowie eine Kartierung im Grenzbereich Schneeberg-/Ötztalkristallin an-

gefertigt.

Gleichzeitig mit meinen Untersuchungen hat KLIX (1974) eine petrographische und tektonische Analyse der neu aufgefahrenen Untertageaufschlüsse in Schneeberg vorgenommen und unter Einbeziehung des Lagerstättenreviers Pflerschtal den Versuch unternommen, einen paläogeographischen Zusammenhang zwischen der Lagerstätte Schneeberg und den Pflerscher Lagerstätten während der Zeit der Sedimentation zu rekonstruieren. Die möglichen genetischen Rückschlüsse aus meinen Untersuchungsergebnissen müssen im Zusammenhang mit den von KLIX (1974) dargelegten Ergebnissen gesehen werden.

Trotz der in letzter Zeit vorgelegten neueren Arbeiten aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflersch ist die fast 100-jährige Erforschung der Vererzungen in diesem Raum noch nicht abgeschlossen. Der hochmetamorphe Charakter der Lagerstätte ließ nur schrittweise stichhaltige Kriterien aufkommen, auf Grund derer die Lagerstätte genetisch als synsedimentär eingestuft werden kann. Durch die Klärung tektonischer, petrographischer und geochemischer Detailfragen im Zusammenhang mit der heute vorherrschenden Deutung, wonach es sich bei den Lagerstätten um schichtgebundene, synsedimentäre Vererzungen handelt, konnte auf einem Teilgebiet der bergbaulichen Erkundung, wie z. B. der räumlichen Ausdehnung der Erzlager, Fortschritte erzielt werden. Aber erst die Bearbeitung aller Phänomene einer hochmetamorphen Sulfidlagerstätte gestattet es, auf der Grundlage einer breiteren Basis die Vererzung im Raum Schneeberg/Pflersch zu betrachten. Dazu soll die folgende Arbeit einen weiteren Beitrag anbieten.

2. BERGBAU SCHNEEBERG

2.1 Historischer Überblick

Die Bergbaugeschichte im Raum Schneeberg ist von BRIGO (1965) und von BAUMANN (1967) sowie für den Abbau im Pflerschtal von SCHMITZ (1971) behandelt worden, weshalb hier nur ein knapper Überblick gegeben werden soll.

Vom Beginn des Bergbaus am Schneeberg (erste urkundliche Erwähnung 1237) bis etwa 1870 war Schneeberg ein reiner Blei-Silberbergbau, dessen Blütezeit zwischen 1421 und dem Ende des 16. Jahrhunderts lag. Gegen Ende des 15. Jahrhunderts sollen angeblich 1000 Knappen in 70 Stollen am Schneeberg beschäftigt worden sein.

Um die Mitte des 16. Jahrhunderts traten die Augsburger Fugger als Unternehmer auf. Durch den Raubbau, den die Fugger betrieben, sank die Produktion derartig stark ab, daß gegen Ende des 16. Jahrhunderts der Bergbau am Schneeberg und auch im Gossensass-Pflerscher Gebiet fast zum Erliegen kam. 1771 übernahm dann die Regierung den Betrieb, 1796 wurde der Bergbaubetrieb in Schneeberg eingestellt.

Die Wiederaufnahme des Bergbaus im Jahre 1886 begann mit der Erschließung der von den "Alten" unberührt gelassenen zinkblendereichen Lagerstättenteile. Im Jahre 1870 ging Schneeberg als "k. u. k. Blei- und Zinkbergbau" wieder in Betrieb.

Im Jahre 1919 gelangte Südtirol in italienischen Besitz und seit 1940 wird die Lagerstätte Schneeberg durch die Azienda Minerali Metallici Italiana (A.M.M.I.) betrieben.

1959 leitete die A.M.M.I. ein umfangreiches Untersuchungsprogramm ein, um die Wirtschaftlichkeit der Grube zu sichern. Die wesentlichen Punkte dieses Programms waren (OTTAVIANI, 1966):

1) der Poschhaus-Karl-Stollen (2.000 m NN), der - im Lazzachertal als Hauptförderstollen angesetzt - nach 3.500 m Länge den unteren Teil der Lagerstätte erreicht hat;

2) das neue Arbeiterwohnheim und Verwaltungsgebäude in Maiern (1.417 m NN);

3) die Kabinenseilbahn für die Belegschaft, die die Werkstätten und das Wohnheim mit dem Hauptförderstollen verbindet;

4) Reorganisation des Gruben- und Transportbetriebes. Umstellung des Grubenbetriebes auf Untersuchungs- und Vorrichtungsarbeiten.

2.2 Ökonomischer Überblick

Die ökonomische Bedeutung der Schneeberger Lagerstätte war anfangs bedingt durch den Abbau auf silberhaltigen Bleiglanz, der bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts betrieben wurde. Nachdem die technischen Möglichkeiten geschaffen wurden, Zinkblende aufzubereiten und zu verhütten, gewann die Grube Schneeberg gegen Ende des 19. Jahrhunderts wieder an Bedeutung und wurde unter österreichischer Oberhoheit einer der größten Pb-Zn-Produzenten der Alpen.

Um gegenüber den anderen Pb-Zn-Gruben in den Alpen, die sich in einer geographisch wesentlich günstigeren Lage befanden, konkurrenzfähig zu bleiben, mußte ein enormer Aufwand an Personal zur Bedienung der Bremsberge usw. (von Schneeberg bis zur Verladesohle in Maiern mußte das Fördergut eine Strecke von über 11 km zurücklegen) betrieben werden. GRANIGG schreibt dazu (1908 b:553):

"Die ungünstige, weltabgeschiedene Höhenlage des Bergbaues, die schwierigere Gewinnbarkeit der Lagerstätte, die kompliziertere, daher teuere und mit größeren Verlusten verbundene Aufbereitung der Erze: das sind die Momente, welche den Bergbau Schneeberg gegenüber den anderen alpinen Blei-Zinkbergbauen in einer ungünstigen

Lokalität	Jahr	Haufwerk Zn %	Haufwerk Pb %	Ag (g/t PbS)	Cd (g/t ZnS)
Schneeberg[1)]	1891	27	7,5		
	1922	24	9		
	1929	9	1,9		
	1940	9,6	3,5		
	1960	6,3	1,6		
Schneeberg[2)]	1965	6,6	1,2	1.000	4.500
Schneeberg[3)]	1966	5,7	0,9	1.000	4.000
Schneeberg[4)] Neuauffahrungen	1971 - 1973	Schlitzproben-analysen Zn %	Pb %		
SW, 2.060 m		6,4	0,3		
SW, 2.000 m		6,0	1,2		
NE, 2.000 m		6,6	0,3		
Homan, 2.169 m		8,5	1,7		

Tab. 1: Übersicht über die Metallgehalte im Alten Lager und in den Neuaufschlüssen der Grube Schneeberg

[1)] FÖRSTER (1963), [2)] BRIGO (1965), [3)] OTTAVIANI (1966), [4)] Laboratorium der A.M.M.I. (Maiern)

Lage erscheinen lassen, und gegen diese relativen Nachteile muß eben vor allem der größere Reichtum der Lagerstätte aufkommen."

Die in Tab. 1 dargestellte Übersicht der Metallgehalte seit 1891 läßt erkennen, daß die Lagerstätte heute fast an der Grenze der Bauwürdigkeit angelangt ist. Nur durch eine Vermehrung der jetzt neu angefahrenen Erzvorräte auf dem 2.000 m-Niveau kann die Existenz der Grube gesichert werden.

Nach FÖRSTER (1963) machte die Produktion von Schneeberg 1960 2,6 % der Zink- und 1,3 % der Bleierzeugung Italiens aus. Im Jahre 1963 wurden nach Angaben von FÖRSTER (1963) in Schneeberg jährlich etwa 50.000 t Roherz gefördert, aus dem in der Erzaufbereitung in Maiern 6.500 t ZnS- und 1.000 t PbS-Konzentrat erzeugt wurden.

3. DIE LAGERSTÄTTE SCHNEEBERG

3.1 Form, Nebengestein, Tektonik

In der alten Lagerstätte wurden drei verschiedene Lagerstättenteile unterschieden: "Hangendgang (filone tetto)", "Liegendgang (filone letto)" und "Quergang (incrociatore)". Folgende Angaben können bei FÖRSTER (1963) über Form und Lagerung der drei Vererzungen entnommen werden:

Der Hangendgang wird als konkordante Vererzung beschrieben, der die Form einer Platte hat und dessen mittlere Mächtigkeit bei 1,5 m liegt. Stellenweise erreicht der Hangendgang Mächtigkeiten bis zu 6 m mit überdurchschnittlichen Metallgehalten.

Der Liegendgang hat auf den höheren Sohlen die Form eines Wellblechs. Er liegt hier z. T. deutlich diskordant im Nebengestein, verläuft dann aber mit zunehmender Tiefe auf den unteren Sohlen konkordant zum Hangendgang. Der

Liegendgang soll auf mehreren Sohlen an den Hangendgang anscharen, wobei an der Scharung weder eine Erzkonzentration noch eine Änderung der Mächtigkeiten und der Mineralführung der "Gänge" eintritt. Die Mächtigkeit des Liegendganges erreicht stellenweise 4 m.

Der Quergang verbindet Hangendgang und Liegendgang. Nach FÖRSTER (1963:58) verläuft er "parallel der vorherrschenden Schieferungsfläche des Nebengesteins". Lokal setzt er auch einige Meter diskordant durch das Nebengestein. Die Form des Quergangs vergleicht er mit einem Lineal, da er in der sf-Fläche in linearer Erstreckung liegt.

Für die mittlere Gangmächtigkeit aller "Gänge" gibt FÖRSTER (1963) 1,4 m an. Liegendgang und Quergang wurden z. T. als sehr reiche Gänge beschrieben. Bis zur Einstellung des Abbaubetriebes in der alten Lagerstätte wurde dann überwiegend der Hangendgang abgebaut, der mit dem 3.500 m langen Unterfahrungsstollen (Poschhaus-Karl-Stollen) auf dem 2.000 m-Niveau wieder angefahren wurde. Liegendgang und Quergang sind in diesen neuen Lagerstättenteilen trotz Bohrungen und Querschlägen nicht aufzufinden.

Die heute begrenzten Aufschlußverhältnisse in der alten Lagerstätte erlaubten es nicht mehr, die von FÖRSTER gemachten Beobachtungen nachzuvollziehen. Zudem existieren keine Detailprofile, die die Lage der drei Gänge zueinander eindeutig wiedergeben. Aus der Darstellung von FÖRSTER ist zu entnehmen, daß das Einfallen des Hangendganges von den Ausbissen bis zur tiefsten Sohle des Alten Lagers nur zwischen 25° und 35° schwankt. Die Teufenfortsetzung des Hangendganges bis zum 2.000 m-Niveau ist durch die Neuaufschlüsse erwiesen. Das Einfallen ändert sich nicht, womit für den Hangendgang das Bild einer im Nebengestein konkordant und leicht verbogenen Platte zutreffend zu sein scheint.

Anders liegen die Verhältnisse beim sog. Liegendgang und beim Quergang. Die abweichende Lagerung der Liegendlager-

stätte wird von GRANIGG (1907 b:362) durch Faltung erklärt, wobei er "eine Anschwellung der Mächtigkeit in den Anti- bzw. Synklinalaxen gegenüber dem mehr oder weniger ausgewalzten Mittelschenkel" beschreibt. FÖRSTER (1963) lehnt dies ab, da sich nach seiner Meinung eine Verformung des Liegendganges auch auf den Hangendgang ausgewirkt haben müßte. Kompetenzunterschiede zwischen Erz und Nebengestein lassen aber eine Faltung des Liegendganges als möglich erscheinen.

KOARK (1973:25) schreibt generell zu regionalmetamorphen Lagerstätten: "Die bei Biege(-gleit)faltung stattfindende mechanische Ausdünnung der Zwischenflügel mit Stoffverschiebungen gegen die Faltenscheitel ist bei heteromobilen Verhältnissen vielerorts im Grundgebirge zu beobachten. Sie wirkt besonders bei Erzen, die sich gegenüber phyllosilikatarmen, silikatischen Nebengesteinen duktiler verhalten".

Der Quergang wird von den früheren Bearbeitern sehr unterschiedlich gedeutet. Die von GRANIGG (1908 a) und von FÖRSTER (1963) beschriebene zeitweise Diskordanz läßt auch eine lokale Verfaltung des Quergangs vermuten.

Die unterschiedlich beschriebene Ausbildung aller drei Vererzungstypen läßt es wahrscheinlich nicht zu, Hangendgang, Liegendgang und Quergang als eine einheitliche Vererzung zu betrachten. Trotzdem bleibt die Frage offen, ob nicht alle drei Vererzungen einem gemeinsamen Mineralisationsprozeß entstammen und die heutige Form durch eine mehr oder weniger komplizierte Faltung verbunden mit metamorphen Mobilisationen hervorgerufen sein könnte. Die Neuaufschlüsse in der Grube Schneeberg auf dem 2.060 m- und 2.000 m-Niveau können nur ein begrenztes Bild von der räumlichen Verbreitung der Vererzung in den tieferen Teilen wiedergeben. Die streichende Erschließung des Erzkörpers auf dem 2.000 m-Niveau ermöglicht es aber, die Vererzung über eine Länge von 4 km (Revier SW, 2.000 m, bis Revier Homan, 2.169 m) zu verfolgen. In folgenden Revieren der Lagerstätte Schneeberg ist die Vererzung neu angefahren:

Revier SW (2.060 m)
Revier NE (2.060 m)
Revier SW (2.000 m)
Revier NE (2.000 m)
Revier Veit (2.000 m)

Von der 2.000 m-Sohle wurden mehrere Aufbrüche im Fallen des Erzes zur 2.060 m-Sohle angelegt, von wo aus zwei Aufbrüche zur tiefsten Sohle des Alten Lagers (2.175 m) aufgefahren wurden. Die Vererzung im Revier Veit (2.000 m) entspricht mit großer Wahrscheinlichkeit im räumlichen Zusammenhang der Vererzung im Homan-Stollen (2.169 m).

Durch Bohrungen und Querschläge ins Liegende und Hangende der Hauptvererzung wurde in allen Revieren das weitere Auftreten der Vererzung untersucht.

Wie bereits erwähnt, ist in den tieferen Neuauffahrungen nur die Hangendlagerstätte aufgeschlossen. Querschläge ins Hangende und Liegende haben keine nennenswerten Vererzungen angefahren - lokal wird an einigen Stellen die Hauptvererzung sowohl hangend als auch liegend von dünnmächtigeren $\pm$ parallen Mineralisationen (meistens nur eine Erzlage) oder von metamorphen Mobilisaten (PbS) begleitet. Die mittlere Mächtigkeit der Vererzung in den Neuaufschlüssen liegt bei 1,3 m. Lokal erreicht sie maximal 4 - 6 m. Wenn die Vererzung ausdünnt, geht die Mächtigkeit auf 20 - 40 cm herunter.

Eine eingehende Bearbeitung der im neuen Lagerstättengebäude auftretenden Gesteine wurde von KLIX (1974) durchgeführt, wobei die verschiedenen lithologischen Einheiten des Ötztalkristallins, die im unmittelbaren Grubengebäude anzutreffen sind, wie folgt bezeichnet wurden:

Biotitporphyroblastenschiefer
Glimmerschiefer
Quarzglimmerschiefer
Gneiss
} Gneissglimmerschiefer

"filone"-Fazies	erzbegleitende
Muskowit-Quarz-Schiefer	Fazies
Muskowit-Augen-Gneiss	Muskowit-Gneiss-
Muskowit-Quarzit-Gneiss	Bänder

Biotitporphyroblastenschiefer und Glimmerschiefer sind charakteristisches Nebengestein der Lagerstätte Schneeberg, wobei ersteres Gestein durch eine deutliche Querbiotit-Blastese gekennzeichnet wird, während Gesteine im Lagerstättengebäude ohne Biotitblastese allgemein als Glimmerschiefer bezeichnet werden.

Die im Grenzbereich Schneeberg-/Ötztalkristallin auftretenden Biotitporphyroblastenschiefer sind nach KLIX (1974) auf der einen Seite durch einen fließenden petrographischen Übergang mit den Gneissglimmerschiefern des Ötztal-Kristallins verbunden, auf der anderen Seite aufgrund ihres Mineralinhalts deutlich gegen Granatglimmerschiefer des Schneeberg-Kristallins abgrenzbar. Dies legt zwingend den Schluß nahe, die Biotitporphyroblastenschiefer zum Ötztal-Kristallin zu rechnen, womit die Lagerstätte Schneeberg eindeutig ins Ötztal-Kristallin und nicht ins Schneeberg-Kristallin zu stellen ist. FÖRSTER (1963) hat darauf schon hingewiesen.

Im Lagerstättenbereich ist das Auftreten der Vererzung streng an die erzbegleitende Fazies gebunden, wobei die i. a. als sogenannte "Gangfazies" (it.: filone) bezeichneten "grobkristallinen biotitführenden Quarz-Granat-Felse" (SCHMITZ, 1974:159) quantitativ vorherrschen. Begleitet wird die "filone"-Fazies i. a. von einem lagigen, hellweißen Muskowit-Quarz-Schiefer. Beide Gesteine, "filone"-Fazies und Muskowit-Quarz-Schiefer, lassen sich eindeutig von den Biotitporphyroblastenschiefern abgrenzen.

Typisches Kennzeichen der "filone"-Fazies ist eine allgemeine Kornvergröberung, wobei das Auftreten von Granat (Korngrößen bis über 2 cm), Biotit und Hornblenden typisch ist. Biotit tritt in zwei Modifikationen auf, einer braunen und einer grünlichen, wobei FÖRSTER (1963) diesen

grünen "Lagerstättenbiotit" als Manganophyllit bestimmt hat. Zwei Hornblendemodifikationen (Anthophyllit und Tremolit) lassen nach KLIX (1974) die "filone"-Fazies eindeutig auch qualitativ von den Gneissglimmerschiefern und Biotitporphyroblastenschiefern abtrennen. Hinzu kommen Quarz bis 3 mm Kd, Plagioklas, Muskowit und Karbonat.

Die hellweißen, lagigen Muskowit-Quarz-Schiefer enthalten überwiegend Quarz mit stark wechselnden Mengen von Plagioklas, der bis zu 80 % des Gesteins ausmachen kann und auf Grund dieses Plagioklas-Gehaltes gegen die Biotitporphyroblastenschiefer abgrenzbar ist. Weiterhin treten Muskowit, Granat und Biotit auf.

Weiterhin sind im neuen Grubengebäude (Poschhaus-Karl-Stollen) Muskowit-Augen-Gneiss, Muskowit-Quarzit-Gneiss, graphitische Schiefer und Gesteine des Schneeberg-Kristallins ("Bunte Randserie" und Granatglimmerschiefer) aufgeschlossen.

Nach KLIX (1974) streicht die Vererzung in den Neuaufschlüssen N 60° E (altes ss) und fällt mit 35° nach N ein. Das sf_1-Flächenmaximum liegt bei N 70° E, das Einfallen bei 50° N. sf_2-Schieferungsflächen treten nur sehr untergeordnet auf.

3.2 Die genetische Deutung der Lagerstätte Schneeberg

Die umfangreiche Bearbeitung der Lagerstätte Schneeberg hat zu einer Reihe von genetischen Deutungen geführt, die im wesentlichen die epigenetische Natur der Lagerstätte zu beweisen suchten. Einen ausführlichen historischen Überblick über die genetischen Deutungen der Lagerstätte Schneeberg gibt FÖRSTER (1963). KLIX (1974) geht noch einmal kurz auf die wichtigsten ein.

Synsedimentäre Vorstellungen sind schon sehr frühzeitig von BILLEK (1900) und von STELZNER (in BERGEAT & STELZNER, 1904 - 1906) geäußert worden, wobei letzterer Schneeberg zum Typus der sedimentären Lagerstätten rechnet, zu denen

er auch Åmmeberg, Pitkäranta und Broken Hill zählt. Solche Vorstellungen fanden damals aber kaum Beachtung.

FÖRSTER (1966 a) greift dann den Gedanken einer sedimentären Entstehungsweise der Lagerstätte Schneeberg wieder auf, wobei er auf die gleichbleibende Ausbildung der Lagerstätte über eine große zusammenhängend vererzte Fläche hinweist. Er bleibt aber trotzdem vorerst bei einer epigenetischen Deutung.

Seit den Arbeiten von SCHMITZ (1971) und KLIX (1974) ist eine synsedimentäre Entstehung der Lagerstätten im Revier Schneeberg/Pflersch nicht mehr von der Hand zu weisen. Für die Schneeberger Lagerstätte und die Pflerscher Vererzungen werden von beiden Autoren Argumente und Merkmale angeführt, die die synsedimentäre Entstehungsweise hervorheben und über die hier eine kurze Übersicht gegeben werden soll:

1) Die Lagerstätten im Revier Schneeberg/Pflersch sind mit graphitischen Gesteinen verknüpft (euxinisches Milieu). Diese Gesteine fehlen im erzfreien Bereich zwischen Schneeberg und Pflersch.

2) KLIX bindet die Sulfidanreicherung an eine zweiphasige vulkanische Aktivität. Muskowit-Augen-Gneiss und Muskowit-Quarzit-Gneiss können als Meta-Vulkanite bezeichnet werden und sind als "Leitgesteinshorizonte" von Schneeberg bis Pflersch verfolgbar. SCHMITZ (1971:187) erwähnt konkordante Einschaltungen innerhalb der Erzkörper, "deren quantitativer Mineralbestand ehemalige quarz-keratophyrische Effusiva kennzeichnet". Der von KLIX erstmals durchgehend kartierte Muskowit-Quarzit-Gneiss von Schneeberg bis Pflersch macht eine Korrelierbarkeit eines Teiles der Schneeberger Vererzung mit der Pflerscher Vererzung möglich.

3) Diese lithologische Korrelierbarkeit kennzeichnet gleichzeitig die Horizontbeständigkeit, die von SCHMITZ für die Pflerscher Vererzung nachgewiesen wurde und die durch die Neuaufschlüsse auch für die Schneeberger Vererzung erwiesen ist.

4) Erz und Nebengestein haben die gleichen metamorphen Überprägungen durchgemacht.

5) Eine schichtig, flach linsenförmige Ausbildung der Erzkörper kann im Pflerschtal und in Schneeberg nachgewiesen werden.

6) KLIX (1974:111) ordnet die Erzanreicherung alten sedimentären Flächen zu, "die infolge der außerordentlich durchgreifenden Verschieferung heute genetisch sf-Flächen repräsentieren, jedoch identisch mit dem alten ss sind".

Die hier u. a. angeführten Punkte sprechen für eine synsedimentäre Entstehung der Pflerscher Lagerstätten und der Schneeberger Lagerstätte. Daß syngenetische Reliktgefüge in der Lagerstätte nicht mehr vorhanden sind, ist schon von FÖRSTER (1966 a) erwähnt worden. In gleicher Weise äußert sich SCHMITZ (1971), hebt aber die Bedeutung einer stratigraphisch kontrollierten Erzbänderung als sedimentäres Relikt hervor.

Das in Punkt 4 angeführte Problem der metamorphen Überprägung der Lagerstätte Schneeberg ist von vielen älteren Bearbeitern der Lagerstätte diskutiert und z. T. auch anerkannt worden. Interessant ist, daß GRANIGG (1908 a:400) schreibt:

"Ob und wie weit die bereits gebildeten Lagerstätten durch Metamorphose (sei diese nun eine Kontakt- oder eine regionale Metamorphose gewesen) in Bezug auf den chemischen Bestand, auf die Form und die gegenseitige Lage ihrer Mineralkomponenten umgewandelt sind, läßt sich solange nicht sicher feststellen, solange das Alter der Lagerstätten nicht bekannt ist.

Allerdings müsste bei der Annahme, daß die Lagerstätten in den Glimmerschiefern bereits gebildet waren, als diese letzteren selbst noch ein normales, klastisches Sediment waren, die Umwandlung der Lagerstätte in der soeben angedeuteten Richtung eine äußerst intensive gewesen sein, da dann die Lagerstätten naturgemäß denselben Einflüssen unterworfen gewesen wären, die aus einem normalen klastischen Sediment einen Glimmerschiefer erzeugten".

Diese schon sehr frühzeitig und auch späterhin geäußerte Ansicht einer möglichen metamorphen Umwandlung der Lagerstätte hat in der letzten eingehenden Bearbeitung der Lagerstätte Schneeberg von FÖRSTER (1963) keine Berücksichtigung gefunden, der weder Anzeichen von Verfaltung noch metamorpher Überprägung in der Lagerstätte feststellen konnte. Seine Darstellung, wonach die Lagerstätte postorogen durch eine einheitliche hydrothermale Mineralisation entstanden sei, mußte zu dieser Ansicht führen.

4. DIE ERZFÜHRUNG IN DEN NEUEN AUFFAHRUNGEN DER GRUBE

Wie schon in Kap. 3.1 erwähnt, wurde die alte Lagerstätte mit dem 3.500 m langen Poschhaus-Karl-Stollen unterfahren. Dieser Stollen hat den "Hangendgang" auf dem 2.000 m-Niveau wieder erreicht. "Liegendgang" und "Quergang" des Alten Lagers sind in den Neuaufschlüssen bisher nicht wieder aufgefunden worden. Die Ausrichtung der Lagerstätte auf dem 2.000 m-Niveau nach WSW und ENE über eine Länge von 4 km ermöglicht einen Einblick in die Verteilung der Erzmineralparagenese.

Die nachfolgenden erzpetrographischen Untersuchungen haben eine Aufteilung der Neuauffahrungen in 4 Reviere notwendig gemacht (s. Karte 1):
SW, 2.060 m/SW, 2.000 m
NE, 2.000 m
Veit I, 2.000 m/Homan, 2.169 m
Veit II, 2.000 m

Zum Vergleich wurden außerdem in den alten Bauen, soweit sie noch begehbar waren, Proben für erzpetrographische Untersuchungen entnommen. Darüberhinaus stellte Herr Prof. Dr. L. BRIGO (Universität Mailand) einen Teil der Anschliffserien aus seiner Bearbeitungszeit (BRIGO, 1965) in dankenswerter Weise zur Verfügung.

4.1 Erzmineralparagenese

4.11 Mineralogie des Erzes

Erzmineralogische Untersuchungen in der Lagerstätte Schneeberg sind bereits von GRANIGG (1908 a) berücksichtigt worden. Ausführlichere Bearbeitungen liegen von CLAR (1931 a/b), FÖRSTER (1963) und BRIGO (1965) vor. Der größte Teil der Erzparagenese in Schneeberg ist von diesen Autoren bereits bestimmt worden. Neubestimmte Erzminerale sind auf S. 30 erwähnt und werden in Kap. 4.12 ausführlicher besprochen.

Haupterzminerale in der Lagerstätte Schneeberg sind mit abnehmender Häufigkeit: Zinkblende, Magnetkies, Bleiglanz und Kupferkies. Lokal sind noch Pyrit, Spießglanze, Arsenkies und Graphit makroskopisch am Stoß zu beobachten. Alle anderen Minerale treten nur in mikroskopischen Dimensionen auf. Die Erzparagenese setzt sich aus folgenden Mineralen (Haupterzminerale unterstrichen) zusammen:

Zinkblende	ZnS
Bleiglanz	PbS
Magnetkies	$Fe_{1-x}S$
Kupferkies	$CuFeS_2$
Pyrit	FeS_2
Markasit	FeS_2
Arsenkies	$FeAsS$
Gudmundit	$FeSbS$
Bournonit	$2PbS.Cu_2S.Sb_2S_3$
Boulangerit	$5PbS.2Sb_2S_3$
Fahlerz	$(Cu, Ag, Fe)_{12}Sb_4S_{13}$ - $(Cu, Ag, Fe)_{12}As_4S_{13}$
Rotgültigerz	Ag_3AsS_3 - $Ag_3Sb\ S_3$
Dyskrasit	Ag_3Sb
Polybasit	$(Ag, Cu)_{16}(Sb, As)_2S_{11}$

Breithauptit	NiSb
Mackinawit	$(Fe, Ni, Co, Cu)_{1+x}S$
Ullmannit	(Ni, Co, Fe) (Sb, Ag, Bi)S
Linneit	$(Co, Ni, Fe, Cu)_3S_4$
Kobaltglanz[1)]	CoAsS
Skutterudit[2)]	$(Co, Ni)As_{3-x}$
Valleriit	$Cu_3Fe_4S_7$
Zinnkies	Cu_2FeSnS_4
Molybdänglanz	MoS_2
Antimonit[3)]	Sb_2S_3
Graphit	C
Wismut	Bi
Gold	Au
Ilmenit	$FeTiO_3$
Magnetit	Fe_3O_4
Rutil	TiO_2

[1)] bestimmt von BRIGO (1965); [2)] bestimmt von FÖRSTER (1963); [3)] bestimmt von BRIGO (1965) und FÖRSTER (1963)

An bisher unbekannten Erzmineralen in der Schneeberger Paragenese wurden in den Neuaufschlüssen und z. T. auch im Alten Lager folgende bestimmt:

Rotgültigerz
Dyskrasit
Polybasit
Breithauptit
Mackinawit
Ullmannit
Linneit
Zinnkies
Molybdänglanz
ged. Wismut
Gold (Pflerschtal)

Bei den unterstrichenen Mineralen wurde die Bestimmung mit der Mikrosonde durchgeführt.

Die erzmikroskopische Diagnose der Minerale Gudmundit und Jamesonit wurde durch Mikrosondenuntersuchungen bestätigt.

Die folgenden Minerale werden in den Arbeiten von FÖRSTER (1963) und BRIGO (1965) erwähnt, konnten jedoch in den Neuaufschlüssen vom Verfasser nicht mit letzter Sicherheit bestimmt werden.

Pentlandit: Pentlandit wurde von BRIGO einmal im Magnetkies bestimmt. Nach meinen Beobachtungen kommt Pentlandit in der Schneeberger Paragenese nicht vor. Es liegt hier wahrscheinlich eine Verwechslung mit einem Mineral der Linneit-Gruppe vor.

Antimonit: Antimonglanz ist von FÖRSTER in mikroskopischen Dimensionen beobachtet worden. BRIGO erwähnt das seltene Auftreten von Antimonit in Bleiglanz und in Karbonaten. Die Art der Schneeberger Paragenese läßt das Auftreten von Antimonit durchaus möglich erscheinen.

Wismutglanz: BRIGO vermutet, daß einige kleine Einschlüsse im Bleiglanz Wismutglanz seien. Das Auftreten von ged. Wismut läßt auch Wismutglanz vermuten.

Kobaltglanz: BRIGO hat in einem Schliff Kobaltglanz festgestellt. Eigene Beobachtungen von Schliffen aus dem Alten Lager und den Neuaufschlüssen lassen das Vorkommen von Kobaltglanz als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Skutterudit: FÖRSTER hat zahlreiche kleine Körner von Skutterudit in Verwachsung mit Bleiglanz, Fahlerz, Jamesonit und Boulangerit beobachtet.

Die Bestimmung der z. T. sehr feinkörnig miteinander verwachsenen Minerale und der z. T. sehr kleinen Einschlüsse in den Haupterzmineralen macht in der Schneeberger Paragenese einige Schwierigkeiten. Die endgültige Bestimmung war bei einigen Mineralen daher nur mit der Mikrosonde möglich. Es ist naheliegend, daß in einer derart komplex aufgebauten Sulfiderzparagenese noch weitere Erzminerale auftreten können. Eigene Beobachtungen lassen diesen Schluß zu.

Nach FÖRSTER (1963) war die Bedeutung der Oxidations- und Zementationszone nur gering. Der Vollständigkeit halber seien die von FÖRSTER und BRIGO gemachten Angaben über Verwitterungsminerale und Neubildungen in den höheren Niveaus hier kurz aufgeführt:

Zementations-minerale	ged. Silber, Dyskrasit, Covellin, Silberglanz
Verwitterungs-minerale	Kupferglanz, Greenockit, Limonit, Smithonit, Cerussit, Aragonit, Kupferlasur, Malachit, Anglesit, Anhydrit (?), Gips, Epsomit, Kupfervitriol (als Überzug), Melanterit (als Überzug)
Deszendent	Bornit
Vorkommen in alten Abbauen	Schneebergit (?), Allophan, Chrysokoll, Bergholz

4.12 Beschreibung der Erzminerale

Oxide

Ilmenit - Rutil

Ilmenit tritt in der Gangartparagenese (hier besonders im Granat) und in erzarmen Zwischenlagen in lappigen Aggregaten bis zu 0,8 mm Größe auf. Im Erz selbst bildet Ilmenit rundliche bis längliche Kornformen bis 0,16 mm Größe sowie idiomorphe Tafeln bis 3 mm Größe. In wechselnden Mengen ist jeweils Rutil am Aufbau der Ilmenit-Aggregate beteiligt. Er bildet mit Ilmenit entweder orientierte Verwachsungen oder verdrängt diesen unregelmäßig von Korngrenzen aus (Abb. 4 A).

Außer selbständigen, teils idiomorphen, wahrscheinlich gleichzeitig mit Ilmenit gebildeten Rutilen, können skelettartig gebaute Ilmenite beobachtet werden, die gänzlich durch Rutil pseudomorph ersetzt worden sind. Für die Entstehung des Rutils aus Ilmenit durch Ummineralisierung spricht auch das Fehlen der sonst häufigen Zwillingsbildung.

Oft sind im Erz, besonders im Magnetkies, runde Rutilkörner mit Ilmenit eingelagert (Abb. 4 B). Selbständige Ilmenitkörner zeigen hier ausgezeichnete Rekristallisationsgefüge (Abb. 4 C).

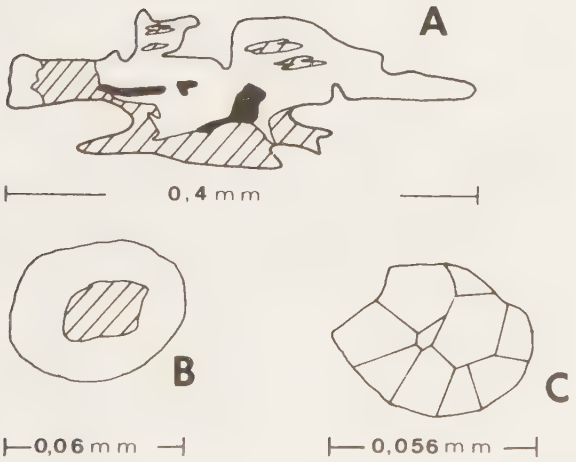


Abb. 4: Weiß: Ilmenit; schraffiert: Rutil; schwarz: Gangart

Schmale Ilmenitleisten sind zeitweise schwach verbogen, zeigen undulöse Auslöschung oder lassen kleine Fältchen erkennen (Abb. 5).

Magnetit

Die oxidischen Minerale Magnetit und Ilmenit gehören, wie schon von FÖRSTER (1963) und SCHMITZ (1971) erwähnt, an den Anfang der primären Kristallisation.

Charakteristisch sind die in Sulfiden eingeschlossenen idiomorphen bis kantengerundeten Magnetite von 0,3 - 1,3 mm

Durchmesser. In grobkristallinen zinkblendereichen Erzen bildet er häufig rundliche Kornformen ohne Anzeichen irgendeiner kataklastischen Zerlegung. Häufiger zeigt Magnetit jedoch eine deutliche Kataklase, wobei die kataklastischen Risse hauptsächlich durch Zinkblende, Bleiglanz und silikatische Gangart verkittet werden (Abb. 6).

Die Paragenese, in der Magnetit vorkommt, besteht in erster Linie aus grobkörniger Zinkblende mit wechselnden Anteilen von Magnetkies und Bleiglanz. Weniger häufig erscheint die Paragenese, in der vorherrschend Bleiglanz und Magnetit vertreten ist. Sobald hier Zinkblende auftritt, steht diese meistens in engem Kontakt mit Magnetit.

Als Besonderheit sei hier noch das Auftreten von Magnetit auf der Martin-Sohle (2.373 m - Altes Lager) in einer silikatischen Gangartlinse erwähnt (Abb. 7 a). Magnetit bildet hier Kristalle von 0,5 mm bis über 2,0 mm Durchmesser mit z. T. rundlichen Verdrängungseinschlüssen von Zinkblende. Randlich geht diese Linse in dichte, feinkristalline Zinkblende über, wobei Magnetit von Zinkblende verdrängt, z. T. auch gänzlich ersetzt wird. Untergeordnet tritt noch Bleiglanz als Verdränger auf. Als Einschlüsse konnten in einem Magnetitkristall winzige Arsenkieskristalle beobachtet werden (Abb. 7 b).

Sulfide

Die quantitativ überwiegenden Erzminerale Zinkblende, Bleiglanz sowie Magnetkies und Kupferkies sind ausführlich von BRIGO (1965) und auch von FÖRSTER (1963) beschrieben worden. SCHMITZ (1971) hat diese Minerale für die Lagerstätten des Pflerschtals bearbeitet.

Typisch für den hochtemperierten Charakter der Lagerstätte sind Entmischungen von Magnetkies und Kupferkies in der Zinkblende.

In gröberen Partien von Kupferkies konnten lanzett- bis oleanderblattförmige Umwandlungslamellen von Hochtemperatur-Kupferkies und als Entmischungen stellenweise Zinkblendesternchen beobachtet werden. Im Kupferkies eines Anschliffes aus dem Fuchsbau (Pflerschtal) wurde ein kleines Korn ged. Gold gefunden. TUFAR (1974) erwähnt, daß ged. Gold in ostalpinen Vererzungen mehrfach zusammen mit Hochtemperatur-Kupferkies auftritt.

Spurenelementgehalte und Schwefelisotopenuntersuchungen in Zinkblenden und in Magnetkiesen werden in Kap. 5 beschrieben.

Pyrit - Markasit

Pyrit wird aus dem Alten Lager von den früheren Bearbeitern als seltenes Mineral beschrieben. FÖRSTER (1969) deutet die Möglichkeit an, daß Pyrit neben Magnetit und Ilmenit ein Bestandteil des Ausgangsmaterials gewesen ist. Daß Pyrit tatsächlich eine sehr frühe Bildung sein kann, läßt sich an Pyriten aus den Neuaufschlüssen beweisen.

Die Formentwicklung des Pyrits ist in den Neuaufschlüssen wesentlich vielfältiger als im Alten Lager. Manche Strukturen lassen sich aber nicht befriedigend deuten. Die Frage, ob Magnetkies als Folge des Zerfalls von Pyrit erklärt werden kann und inwieweit auch ein Teil des Pyrits aus Magnetkies hervorgegangen sein könnte, läßt sich nur schwer beantworten. Fünf verschiedene Typen von Pyriten konnten in Schneeberg unterschieden werden:

1) Alte Pyritgeneration. Reliktisch erhaltene Wechsellagerung von pyrit- und quarzreichen Partien.
2) Umwandlung von Magnetkies in Pyrit unter tektonischer Beanspruchung.
3) Umwandlung von Pyrit in Magnetkies?
4) Skelettartiges Wachstum von Pyrit in der Gangart.
5) Als Zement kataklastischer Zinkblendepartien.

zu 1) Ein vermutlich reliktisch erhaltener primärer Lagenbau pyrit- und quarzreicher Partien konnte auf der 2.060 m-Sohle beobachtet werden (Abb. 8). Diese grobe Bänderung im Handstücksbereich konnte nur an zwei Stellen im Revier SW (2.060 m) festgestellt werden.

Im sf eingeregelte, länglich ausgezogene Pyrite, die teilweise in der Schieferung weitergewachsen sind, konnten in einem Schliff aus der "filone"-Fazies des Veit-Reviers beobachtet werden. An Sulfiden verdrängt nur Kupferkies von innen her den Pyrit. Quarz und Glimmer treten dagegen verstärkt als Verdränger auf und hinterlassen skelettartig aussehende Pyrite (Abb. 9 - Pyrit 1, s. Tab. 2).

Eine mehr richtungslose Anordnung von Pyritidioblasten mit teilweise im Zentrum konzentrisch angeordneten Gangarteinschlüssen sowie Ilmenit-, Rutil- und Kupferkieseinschlüssen zeigt Abb. 10 - 12. Die z. T. einschlußfreie Außenzone ist in den Intergranularraum weitergewachsen.

Allen Pyriten dieses Typs ist eine kataklastische Zerlegung gemeinsam. Sprünge und Risse sind meist mit Gangartmineralen verkittet. Die einzelnen Pyritindividuen erreichen Größen bis 1 mm.

Einen anderen Typ skelettartig aufgebauter Pyrite zeigt Abb. 13. Pyrit ist hier poikiloblastisch in der Zinkblende gewachsen und später korrodiert worden. Die Größe der Kristalle erreicht 0,12 mm.

Inwieweit dieser Pyritgruppe verschiedene Pyritgenerationen zu Grunde liegen, kann nicht beantwortet werden. Die im sf eingeregelten Pyrite sind sicher sehr früh gebildet worden.

zu 2)

a) Während der Durchbewegung in ss bzw. sf sind Randbereiche von Zinkblendelagen stark durchbewegt, z. T. mylonitisiert worden. Ein Teil der Zinkblendelagen ist unter diesen Bedingungen feinkörnig rekristallisiert und z. T. wie in den mylonitisierten Zonen mit Pyriten von

0,01 - 0,07 mm Größe durchsetzt. In der gleichen Größenordnung liegen Magnetkiesaggregate in der Zinkblende, deren Formen stellenweise von Pyrit nachgezeichnet werden (Abb. 14). Eine Umwandlung von Magnetkies in Pyrit mit anschließender Rekristallisation wäre denkbar.

b) Im direkt angrenzenden Störungsbereich ist die Umwandlung von Magnetkies in ein Gemenge von Pyrit und Markasit zu beobachten. Pyrit/Markasit kommt hier in unregelmäßigen Flecken oder spindelförmig, z. T. den Zerknitterungslamellen folgend, im Magnetkies vor (Abb. 15 - Pyrit 2, s. Tab. 2).

zu 3) Selten wurden in Magnetkieslagen oder überwiegend magnetkiesführenden Erzen Pyritrelikte gefunden, die nach erzmikroskopischen Beobachtungen mit aller Wahrscheinlichkeit eine Umwandlung von Pyrit in Magnetkies annehmen lassen (Abb. 16).

zu 4) Im Revier Veit II (2.000 m), insbesondere im Bereich 2 (s. Karte 1), wo der Erzkörper flexurartig aufgebogen und gestört ist, tritt Pyrit verstärkt im Erz auf. Pyrit ist hier teilweise auf Scherflächen stark kataklastisch, zeitweise bis zu einem feinen Zerreibsel zerlegt. In die Gangart ist Pyrit z. T. skelettartig hineingewachsen (Abb. 17). Skelette dieser Art repräsentieren nach Meinung anderer Autoren meist sehr späte Bildungen. Es handelt sich dabei häufig um Fortwachsungen von größeren Körnern oder Kornbruchstücken.

zu 5) Pyrit verkittet im Störungsbereich kataklastisch zerbrochene Zinkblendepartien (Abb. 18).

Als späteste Bildung sitzen idiomorphe Pyritkristalle auf Störungsflächen.

Die in Punkt 1 - 5 angeführten Beobachtungen sind in der Lagerstätte von lokaler Bedeutung. Pyrit bildet nirgendwo im Erz die Hauptkomponente, sondern kommt allenfalls vereinzelt in würfeligen oder abgerundeten Kristallen im

Erz und Nebengestein vor.

Die Co- und Ni-Gehalte im Pyrit werden in Kap. 5 behandelt.

Arsenkies

Arsenkies ist in der Schneeberger Paragenese nicht so häufig verbreitet wie Gudmundit. Er tritt lokal aber stärker konzentriert auf und erreicht dann Korngrößen bis 3 mm (Altes Lager). Normalerweise schwankt die Korngröße zwischen 0,05 mm und 0,15 mm.

In der bleiglanzreichen Erzparagenese der Neuauffahrungen finden sich häufig idiomorphe Arsenkiese vergesellschaftet mit Jamesonit, Fahlerz, Kupferkies und Bournonit. Sehr häufig ist Arsenkies im Jamesonit eingelagert (s. Karte 1, Bereich 1), wo er z. T. zu größeren Aggregaten zusammengeschlossen ist (Abb. 19). Ebenfalls in diesem Bereich findet sich Arsenkies mit Korngrößen zwischen 0,01 - 0,02 mm lagenweise in mm-dünnen Partien angeordnet (Abb. 20 - Arsenkies 1, s. Tab. 2). Größe und Anordnung dieser Arsenkiese unterscheiden sich eindeutig von den Arsenkiesen, die den Jamesonit übersprossen und im Alten Lager bis zu 3 mm große Kristalle bilden (Arsenkies 2, s. Tab. 2).

Gudmundit

Gudmundit ist ein typischer Begleiter der bleiglanzführenden Erze und von BRIGO (1965) für das Alte Lager ausführlich beschrieben worden:

1) Als Zerfallsprodukt von Fahlerz, neben Kupferkies, Zinkblende und Arsenkies. Es bilden sich myrmekitische Verwachsungen von Kupferkies, Fahlerz und Gudmundit sowie von Kupferkies, Zinkblende und Gudmundit.

2) Myrmekitische Verwachsungen von Magnetkies und Gudmundit.

3) Idiomorphe Kristalle von Gudmundit im Quarz, Karbonat und im Bleiglanz.

4) Radialstrahlige Anordnung von prismatischen Gudmunditkristallen um Kupferkies.

Die sehr häufig auftretenden, feinsten myrmekitischen Verwachsungen von Magnetkies mit Gudmundit (Abb. 21) konnten in Anschliffen aus den Neuauffahrungen mit der Mikrosonde bestätigt werden.

Abweichend von den oben erwähnten Einzelstrukturen des Gudmundits, die auch in den Neuauffahrungen zu beobachten waren, konnte mit der Mikrosonde eine weitere Ausbildung des Gudmundits nachgewiesen werden. Im Gegensatz zu den typischen Verwachsungsformen erscheint der Gudmundit hier in xenoblastischen Kristallen von etwa 0,1 - 0,5 mm Größe. Er ist lokal ein charakteristischer Begleiter der sehr nebengesteinsreichen (Quarz, Karbonat, Glimmer) Bleiglanzparagenese. Typisch ist das spurenhafte Auftreten von Silicium und etwas Calcium (Mikrosonde), was durch feinste Verwachsungen mit Nebengestein (z. B. Calcit) hervorgerufen wird. Gudmundit ist z. T. rekristallisiert, wobei er gegen Calcit und Quarz häufig mit idiomorpher Begrenzung ausgebildet ist (Abb. 22). Vollständige Rekristallisation von Gudmundit konnte ebenfalls beobachtet werden.

Jamesonit - Bournonit - Boulangerit

Die Spießglanze Jamesonit und Bournonit sind neben Fahlerz die häufigsten Einschlüsse im Bleiglanz. Boulangerit ist dagegen weitaus seltener in der Schneeberger Paragenese anzutreffen, als bisher beschrieben.

Erzmikroskopisch macht die Unterscheidung Jamesonit - Boulangerit in Schneeberg einige Schwierigkeiten. Nur der direkte Vergleich läßt eine sichere Identifizierung zu.

Jamesonit wurde durch Mikrosondenuntersuchungen und durch eine Pulveraufnahme eindeutig bestimmt. Auch größere Aggregate von unverzwillingten Kristallen haben sich als Jamesonit herausgestellt. Boulangerit wurde in der

Pflerscher Vererzung von SCHMITZ (1971) mit der Mikrosonde bestätigt. Bournonit ist durch seine polysynthetische Verzwilligung hinreichend gekennzeichnet.

Alle drei Minerale sind typische Begleiter der bleiglanzreichen Erzparagenese im Alten Lager, sowie im Revier SW (2.060 m), Revier SW (2.000 m) und im Revier NE (2.000 m). Im Revier Veit II (2.000 m) sind diese Minerale im Bleiglanz nicht vertreten (s. Kap. 4.3).

Ein verstärktes Auftreten von Jamesonit konnte im Revier SW (2.000 m) (s. Karte 1, Bereich 1) festgestellt werden. Hier tritt Jamesonit in einer konkordanten bis zu 1 cm mächtigen Lage auf. Auf der 2.060 m-Sohle bildet er dagegen in Quarzlinsen unregelmäßig verteilte Nester. Die nadelige Form des Jamesonits tritt hier stark zurück. Er bildet zumeist unregelmäßig ausgebildete Kornaggregate von 0,3 - 0,4 mm Größe, max. erreichen sie 1,0 mm (verzwillingt). Mehr tafelige Jamesonite sind z. T. gestaucht und verbogen und zeigen ebenso wie größere Aggregate Zerknitterungslamellen. Charakteristische Begleiter des Jamesonits sind idiomorphe Arsenkiese von durchschnittlich 0,05 mm Größe (Abb. 19).

Die folgenden Einzelstrukturen dieser drei Minerale konnten in der Schneeberger Paragenese beobachtet werden:

1) Jamesonit kommt in nadeliger Form und in lappig verzahnten Kristallen im Bleiglanz vor. In mobilisierten Bleiglanzpartien treten Schwärme von leicht verbogenen und undulös auslöschenden Jamesonitnadeln auf. Bournonit bildet im Bleiglanz xenomorphe Kornformen von durchschnittlich 0,2 mm Größe.

2) Myrmekitische Verwachsungen treten am häufigsten zwischen Bournonit und Bleiglanz auf. Ebenfalls myrmekitisch verwachsen - meistens Fahlerz oder Jamesonit einschließend - tritt Bournonit mit Kupferkies und Zinkblende auf (Abb. 23).

3) Bournonit bildet sich als Reaktionssaumbildung zwischen Bleiglanz und Fahlerz.

4) Typisch sind Jamesonit- und/oder Boulangerit-Kristalle, umgeben von Myrmekiten von Bournonit + Bleiglanz und Fahlerz + Bleiglanz (häufig in Paragenese mit Kupferkies und Arsenkies).

5) In einigen Schliffen konnten dünne Polybasitsäume um Jamesonitnadeln beobachtet werden (Abb. 24).

6) Seltener treten Partien mit groben Verwachsungen von Fahlerz, Bournonit und Kupferkies auf. Bournonit kann kleinste Gudmunditkristalle enthalten.

Fahlerz

Fahlerz ist neben Rotgültigerz und Dyskrasit der wichtigste Silberträger in den Schneeberger Erzen. SCHMITZ (1971) hat in der Pflerscher Vererzung silberreichen Tetraedrit der Formel $Ag_{3,2}Cu_{2,1}Fe_{9,1}Sb_{2,1}S_{6,6}$ mit einem Silbergehalt von 34,9 Gew. % bestimmt.

Auf S. 39 wurden schon die wichtigsten Einzelstrukturen in Verbindung mit Jamesonit, Boulangerit und Bournonit beschrieben (Abb. 23).

Fahlerz bildet unregelmäßige Einschlüsse im Bleiglanz. Die Größe der Fahlerzaggregate liegt im Schnitt zwischen 0,04 und 0,15 mm. Lokal erreichen Fahlerzaggregate eine Größe von 1,0 mm.

An Korngrenzen Fahlerz/Bleiglanz hat sich z. T. ein weiteres, wegen seines schnellen Abröstens und der geringen Größe nicht weiter identifiziertes, Ag-Mineral gebildet (Silberglanz?). Weiterhin tritt Fahlerz zusammen mit Rotgültigerz auf, wobei Rotgültigerz auch von schmalen Polybasitsäumen umgeben sein kann. Im direkten Kontakt zu Fahlerzkörnern, z. T. auch von diesen eingeschlossen, treten myrmekitische Verwachsungen von Gudmundit mit Magnetkies auf. Nur in wenigen Fällen erfüllt Fahlerz den Intergranularraum der Gangart.

Rotgültigerz

Neben dem verbreiteten silberhaltigen Fahlerz ist Rotgültigerz als Silberträger im Bleiglanz sehr viel spärlicher vertreten. Es bildet im Bleiglanz bevorzugt unregelmäßig bis rundlich geformte Körner von 0,01 - 0,1 mm Durchmesser. Als Zwickelfüllung in der silikatischen Gangart kommt Rotgültigerz sehr häufig zusammen mit Kupferkies und Magnetkies vor, die beide von Rotgültigerz auf Sprüngen und Rissen verdrängt werden. Mit Kupferkies ist Rotgültigerz auch myrmekitisch verwachsen.

SCHMITZ (1971) hat für die Pflerscher Erze mit der Mikrosonde lichtes (As-haltiges) Rotgültigerz (Proustit) festgestellt. Da die erzmikroskopische Unterscheidung Proustit-Pyrargyrit in kleinen Körnern einige Schwierigkeiten bereitet, könnte man auf Grund der überwiegend Sb-reichen Paragenese in Schneeberg auch Pyrargyrit vermuten.

Dyskrasit

Dyskrasit wird in Schneeberg aus der Zementationszone beschrieben. Die Untersuchungen in den Neuaufschlüssen lassen klar erkennen, daß Dyskrasit auch "primär" im Bleiglanz vorkommen kann und einen wichtigen Silberträger in der Schneeberger Paragenese darstellt.

Dyskrasit ist daran zu erkennen, daß er sehr rasch bunt und danach grauschwarz anläuft. Die endgültige Diagnose wurde mit der Mikrosonde durchgeführt (Abb. 25 b, 25 c), wobei im Dyskrasit ein geringer Quecksilbergehalt festgestellt wurde.

Dyskrasit ist in fast allen Lagerstättenteilen in geringen Mengen im Bleiglanz gefunden worden. Er bildet zumeist rundliche bis unregelmäßig längliche Kornformen (im Schnitt 0,01 - 0,02 mm). Typisch sind myrmekitische Verwachsungen von Dyskrasit mit Bleiglanz und Magnetkies (Abb. 25 a). Vereinzelt ist auch Gudmundit an den Myrmekiten beteiligt. Weiterhin ist Dyskrasit mit Jamesonit und Polybasit vergesellschaftet (Abb. 24). Gelegentlich sind

Bleiglanzpartien fein durchsetzt mit Dyskrasiteinschlüssen. In einigen Fällen konnten im Bleiglanz Verwachsungen von Jamesonit + Polybasit + (Silberglanz ?) + Rotgültigerz + Gudmundit beobachtet werden.

Polybasit

Das charakteristische Auftreten von Polybasit wurde bei der Beschreibung der Minerale Jamesonit, Bournonit, Boulangerit (S. 39) und Dyskrasit (S. 42) erwähnt (Abb. 24). Lokal tritt Polybasit auch allein im Bleiglanz auf. Er bildet hier unregelmäßige entmischungskörperartige Aggregate bis zu 0,15 mm Größe.

Polybasit wurde mit Hilfe der Mikrosonde auf Grund des beachtlichen Cu-Gehaltes bestimmt. Im Anschliff bekommt Polybasit wie Dyskrasit mit der Zeit grauschwarze Anlauffarben.

Breithauptit

Breithauptit konnte in einer beträchtlichen Anzahl von Schliffen beobachtet werden. Er tritt in der Regel in rundlichen, teils tafeligen Körnern von 0,01 mm Durchmesser auf (Abb. 21). Seltener waren Körner mit 0,04 mm Durchmesser mit Neigung zur idiomorphen Ausbildung zu beobachten.

Breithauptit wurde hauptsächlich randlich in Magnetkieskörnern, insbesondere an Korngrenzen zum Bleiglanz beobachtet. Hier bildet er im Magnetkies meist rundliche Körner gleicher Größe, geht aber auch stellenweise mit abnehmender Korngröße in den Bleiglanz hinein.

Nur vereinzelt tritt Breithauptit isoliert in Gangartmineralen oder im Bleiglanz auf, ohne daß Magnetkies in der Nähe ist.

Mackinawit

Mackinawit wurde ausschließlich im Kupferkies beobachtet (Abb. 26) und von früheren Bearbeitern als Valleriit be-

stimmt. Im Kupferkies tritt Mackinawit z. T. in dünnen Lamellen und Spindeln auf, oft unregelmäßig verästelt, geknickt und verbogen.

Nach neuen Mikrosonde-Analysen geben SCHOT, OTTEMANN & OMENETTO (1972) folgende allgemeine Formel für Mackinawit an:

$$(Fe,Ni,Co,Cu)_{1-x}S \text{ bis } (Fe,Ni,Co,Cu)_{1+x}S$$

Reflexionsmessungen mit einem Mikroskop-Photometer haben ergeben, daß in einem Anschliff im Kupferkies auch Valleriit zu vermuten ist, der sich deutlich durch geringere Reflexionswerte vom Mackinawit unterscheidet.

Ullmannit

Stark untergeordnet tritt Ullmannit in bleiglanzreichen Erzpartien auf. SCHMITZ (1971) hat mit der Mikrosonde Ullmannit aus der Vererzung im Pflerschtal mit der Formel $Co_{2,2}Ni_{2,4}Sb_{4,7}S_{4,9}$ nachgewiesen, wobei der Nickel-Gehalt bis zu etwa 50 % durch Kobalt ersetzt ist.

In der Schneeberger Vererzung tritt Ullmannit nur lokal angereichert im Bleiglanz auf. Die Bestimmung erfolgte hier ebenfalls mit der Mikrosonde. Meist liegt Ullmannit in unregelmäßigen Aggregaten vor (Abb. 27), nicht selten zusammen mit Breithauptit, z. B. angrenzend an Magnetkies. Er tritt z. T. als dünner Saum um Breithauptit auf, oder ganz selten werden kleinste Breithauptitkörner von ihm eingeschlossen. Dies legt den Schluß nahe, daß sich Ullmannit wahrscheinlich auf Kosten von Breithauptit gebildet haben könnte.

Ein Mineral der Linneit-Gruppe

Linneit ist in Schneeberg ein seltenes Mineral und nur im Zusammenhang mit Magnetkies beobachtet worden. Punktmessungen mit der Mikrosonde ergaben in erster Näherung für

Ni = 21,8 % (Gew.)
Co = 21,7 % (Gew.)
Fe = 19,7 % (Gew.)

Ni- und Co-Gehalt des Linneit-Minerals in Schneeberg kommen dem Mineral Siegenit (Ni : Co = 1 : 1) nahe. Die theoretischen Gehalte liegen für Co bei 28 % und für Ni bei 29 %. Der Fe-Gehalt von 19,7 % erscheint dagegen ungewöhnlich hoch (VOKES, 1967).

RAMDOHR (1960 : 643) zitiert eine Arbeit von VÄHÄTALO (1953), der im Magnetkies von Outokumpu (Finnland) einen Entmischungskörper von Linneit mit gleichen Mengen an Co und Ni beschreibt. Er zeigt die sonst für Pentlandit charakteristische Flammenform. SAKSELA (1957 : 293) bestätigt das Vorkommen von zwei Co-Ni-Mineralen im Magnetkies von Outokumpu, "von denen wenigstens das eine zur Linneitgruppe gehört".

In Schneeberg kommt das Mineral der Linneit-Gruppe in Magnetkieskörnern, überwiegend der "filone"-Fazies vor. Es bildet im Magnetkies z. T. flammenförmige Gebilde, die eine Verwechslung mit Pentlandit möglich machen. Neben flammenförmigen Gebilden kommen stabförmige bis unregelmäßig geformte Aggregate vor.

Die Abb. 28 a - d zeigen die Scanningbilder des untersuchten Linneit-Minerals. Das mit BSE gekennzeichnete Bild stellt das Scanningbild der rückgestreuten Elektronen dar. Die Verteilung der Elemente Kobalt und Nickel im Linneit-Mineral zeigen die Abb. 28 b/c. Aus der Verteilung von Kupfer (Abb. 28 d) ist zu ersehen, daß das Linneit-Mineral kein Kupfer enthält. Die erhöhte Anreicherung von Kupfer zeigt ein Kupferkieskorn im Magnetkies an.

Zinnkies

Zinnkies konnte nur in zwei Anschliffen sicher festgestellt werden (Revier SW, 2.000 m). Er bildet hauptsächlich rundliche Formen oder spindel- bis wurmförmige Aggregate. Oft kann man erkennen, daß kleinste Zinnkieseinschlüsse sternchenförmiges Aussehen haben, ähnlich der ZnS-Sternchen im Kupferkies. RAMDOHR (1960 : 495) erwähnt derartige Entmischungskörper von Zinnkies. Die wurmförmigen Zinnkiese können in Schneeberg eine Länge von 0,04 mm erreichen.

Zinnkies erscheint in der Lagerstätte ausschließlich als Entmischung in einer grobkörnigen, sonst einschlußarmen Zinkblende. In der Regel kommt er an der Korngrenze Zinkblende/Kupferkies vor, an der er wurmförmige Körper bildet oder spindelförmig in die Zinkblende hineinragt (Abb. 26). VOKES (1963) beschreibt ähnliche Zinnkieseinschlüsse in Zinkblenden aus der Pb-Zn-Lagerstätte Bleikvassli (Norwegen). Zinnkies ist seltener in dieser Form am Kontakt Zinkblende/Magnetkies verbreitet. Tritt Zinnkies nicht direkt am Kontakt Zinkblende/Kupferkies auf, liegt er meistens in Schwärmen um den Kupferkies. Partienweise erscheint Zinnkies in winzigen Tröpfchen inmitten von ZnS-Kristallen oder auf deren Korngrenzen.

In einem weiteren Anschliff einer etwas einschlußreicheren Zinkblende bildet Zinnkies nur noch kleinste Tröpfchen auf der Korngrenze Zinkblende/Kupferkies.

Zinnkies stellt in einigen hochtemperierten Lagerstätten keine Seltenheit dar. Entmischungsstrukturen von Zinnkies sind dort sowohl im Kupferkies als auch in der Zinkblende häufig zu beobachten.

Molybdänglanz

Graphit und Molybdänglanz sind charakteristische Gemengteile in syngenetischen sulfidischen Vererzungen. SCHMITZ (1971) erwähnt aus der Pflerscher Vererzung, daß Molybdänglanz selten und nur in den graphitischen Quarz-Glimmerschiefern auftritt.

Im Lagerstättenrevier Schneeberg ist Molybdänglanz ein seltener, aber doch charakteristischer Begleiter der graphitischen und granatführenden Partien der "filone"-Fazies. Molybdänglanz bildet hier in der Regel kleine schwach verbogene Täfelchen.

Graphit

Graphit kommt in der Grube Schneeberg in zwei charakteri-

stischen Ausbildungen vor. Er entwickelt einmal die üblichen kleinen Täfelchen mit Längen von 0,01 mm bis 0,04 mm, wobei die Tafeln z. T. zu Bändern vereinigt wirr verfaltet sind. Diese tafelige Ausbildung ist kennzeichnend für glimmerhaltige Lagen, in denen die Graphite parallel angeordnet, die lagige Textur nachzeichnen. Tafeliger Graphit kommt ebenfalls in vielen Gangartmineralen vor, in denen er nur leicht verbogen regellos angeordnet ist.

Eine zweite und typischere Ausbildung des Graphits liegt in kugeliger Form vor. Sphärolithe bis etwa 0,3 mm Größe in radialbüscheliger Anordnung werden von RAMDOHR (1960) aus Titanomagnetitdifferentiaten der Lagerstätte Lake Sanford (New York) beschrieben. Die Bildung dieser Graphite erfolgte nach RAMDOHR bei sehr hoher Temperatur. OMENETTO (1969) erwähnt aus der metamorphen Kupfer-Pyrit-Lagerstätte Petit Monde (Piedmont, NW-Italien) kugeligen Graphit, der hier ausschließlich im Pyrit, z. T. mit Quarz, Bornit, Kupferkies und Rutil vergesellschaftet, vorkommt. Weitere Beschreibungen aus der Literatur, auch über die Art der Entstehung kugeliger Graphite, konnten nicht gefunden werden.

In Schneeberg sind die meisten Graphite kugelig radialstrahlig aufgebaut. Die Art des Vorkommens von Graphit kann in den einzelnen Lagerstättenteilen wie folgt beschrieben werden:

Altes Lager

Graphit sitzt bereichsweise in Form dünner Häutchen auf den Intergranularen der Gangartminerale. Ganz selten waren kugelige Graphite zu beobachten (Gangart, Zinkblende, Magnetkies).

SW 2.000 m und SW 2.060 m

(Bereich 1, s. Karte 1)

Dieser Bereich der Lagerstätte ist durch ein verstärktes Auftreten von Jamesonit und auch Arsenkies gekennzeichnet.

Silikatische Gangart und Jamesonit sind von kugeligem Graphit durchsetzt, die Kugeln sind z. T. ineinandergeschoben und zu Bändern vereinigt. Häufig hat es hier den Anschein, als ob Graphit fächerförmig auf Korngrenzen der silikatischen Gangart aufgewachsen ist. Stellenweise werden von den Graphitkugeln auch kleinste Arsenkieskristalle eingeschlossen. Tafelige Graphite treten völlig zurück. Bemerkenswert ist weiterhin, daß kugeliger Graphit in Quarzeinschlüssen einer dichten feinkristallinen Zinkblende gefunden wurde.

SW 2.000 m und SW 2.060 m

(Hauptstrecke)

Nur ganz selten konnte hier Graphit in kleinsten Tafeln beobachtet werden.

NE 2.000 m

In einer mobilisierten Kupferkiespartie treten auf Korngrenzen Kugelgraphite und untergeordnet tafelige Graphite auf. Kugeln sind ebenfalls im Kupferkies, im Magnetkies und in der Gangart zu beobachten. Die Kugeln zeigen z. T. ein zweites Wachstumsstadium (Abb. 29).

Veit, 2.000 m

Ist das Auftreten von Graphit (kugelig und tafelig) in den bisher beschriebenen Lagerstättenteilen nur von lokaler Bedeutung, so ist er im Revier Veit zwar auch ein untergeordneter aber doch regelmäßiger Begleiter der Blei-Zink-Erze und der Gangart.

Ein vermehrtes Auftreten von Graphit konnte hier im Bereich 2 (s. Karte 1) festgestellt werden. In diesem Bereich ist das Nebengestein flexurartig verbogen. Die entstandenen Störungen werden von mobilisierter Zinkblende begleitet, die stellenweise einen erhöhten Gehalt an Graphit zeigt. Partienweise ist die Zinkblende fein mit Graphitschüppchen durchsetzt. Typischer ist aber das nesterartige Auftreten von kugeligem Graphit, ebenfalls z. T.

mit Anwachssäumen. Kleinere Graphitkugeln zeigen manchmal eine deutliche Bindung an Zinkblendekorngrenzen.

In der Bohrung Nr. 11 im Revier Veit wurde in der "filone"-Fazies eine reine Graphitlage von 1 cm Mächtigkeit beobachtet (Abb. 30 a). Untergeordnet wird Graphit hier von Ilmenit, Rutil, Magnetkies, Zinkblende, Kupferkies und einigen Molybdänglanztafeln begleitet. Die Graphitlage selbst ist stark zerschert und besteht fast ausschließlich aus einem dichten Agglomerat kugeliger Graphite (Abb. 30 b). Im Gegensatz dazu treten im Liegenden und Hangenden dieser Lage stark verfaltete Graphitbänder unter Beteiligung tafeliger und kugeliger Graphite auf.

Revier Homan, 2.169 m

In einer mehrere Meter mächtigen Störungszone befinden sich kugelige Graphite in stark durchbewegter und brecciierter Zinkblende. Partienweise sitzen die Graphite zwischen den zerbrochenen Zinkblendekörnern.

Im allgemeinen kommt Graphit in der Lagerstätte nur sehr untergeordnet vor. Stellenweise ist er stärker in der Vererzung oder der erzbegleitenden Fazies angereichert. Von Interesse könnten die kugelig radialstrahligen Sphärolithe sein, die im Erz und in der silikatischen Gangart anzutreffen sind. Die tafelige Ausbildung des Graphits (Graphit 1 - s. Tab. 2) gehört sicher zum Altbestand der erzbegleitenden Fazies. Kugelgraphite treten dagegen gegenüber den sulfidischen Mineralen und auch der silikatischen Gangart als jüngere Bildungen (Graphit 2 - s. Tab. 2) auf. Dabei bilden die Anwachssäume einiger Graphitkugeln offensichtlich eine jüngste Generation.

Ged. Wismut

Nicht überraschend war in einigen Anschliffen das Auffinden von ged. Wismut im Bleiglanz. Ged. Wismut ist in Schneeberg kein häufiger Begleiter des Bleiglanzes, sondern nur ganz lokal mit diesem verwachsen. Nach Art des

Auftretens kann folgende Einteilung vorgenommen werden:

1) Altes Lager und Revier SW, 2.000 m

a) Bleiglanz wird z. T. massenhaft von Wismutkörnern von durchschnittlich 0,02 mm Größe durchsetzt. Vereinzelt erreicht die Korngröße 0,05 mm (Abb. 31 a - c).

b) Ged. Wismut verkittet kataklastische Risse in idiomorphen Arsenkieskristallen.

2) Revier NE, 2.000 m

In dichter, feinkristalliner Zinkblende findet sich ged. Wismut vergesellschaftet mit Magnetkies, Arsenkies, Bleiglanz und Breithauptit. Ged. Wismut sitzt hier hauptsächlich im Arsenkies, weniger im Bleiglanz und im Magnetkies.

3) Revier Veit I, 2.000 m

Kleinste Wismut-Einschlüsse im Bleiglanz treten in sehr dichter, feinkristalliner Zinkblende auf.

Ged. Wismut bildet im Bleiglanz überwiegend kleine rundliche oder tafelige Kornformen. Tritt Magnetkies im Bleiglanz auf, erscheint ged. Wismut häufig an den Korngrenzen Bleiglanz/Magnetkies.

Auf Grund seines Erscheinungsbildes muß man ged. Wismut als sehr junges Mineral in der Paragenese ansehen.

ALT — JUNG

Magnetit
Ilmenit
Rutil
Pyrit 1
Graphit 1
- - - - - - Zinkblende
- - - - - - Bleiglanz
- - - - - - Magnetkies
- - - - - - Kupferkies
- - - - - - Gudmundit
- - - - - - Fahlerz
- - - - - - Arsenkies 1
- - - - - - Molybdänglanz
- - - - - Bournonit
- - - - - Boulangerit
- - - - - Jamesonit
- - - - - Mackinawit
- - - - - Zinnkies
- - - - - Breithauptit
- - - - - Linneit
- - - - - Arsenkies 2
- - - - - Graphit 2
ged. Wismut
Dyskrasit
Rotgültigerz
Polybasit
Ullmannit
Gold
Markasit
Pyrit 2

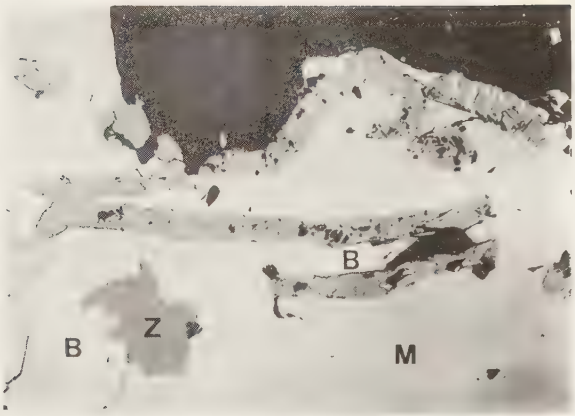
Tab. 2: Paragenetische Altersfolge der beschriebenen Erzminerale

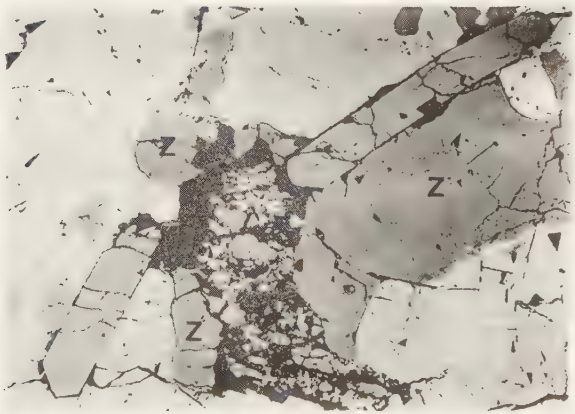
Das in Tab. 2 wiedergegebene Schema soll nur andeuten, daß die Minerale Magnetit, Ilmenit, Rutil, Pyrit 1 und Graphit 1 zum Altbestand der Vererzung gehören. Wahrscheinlich ist auch, daß die Gruppe mit ged. Wismut sowie Markasit und Pyrit 2 als jüngere Bildungen auftreten. Die Altersfolge der beiden großen Gruppen dagegen ist weitgehend schematisiert, da zwischen diesen beiden Gruppen auch Abweichungen auftreten können.

Abb. 5
Gefaltete und zerbrochene Ilmenitleiste, die durch Rutil verdrängt wird. Rutil wird von Bleiglanz verdrängt (z. B. Ilmenitleiste randlich der Gangart und Mittelteil der mittleren Ilmenitleiste). Gangart schwarz. M = Magnetkies. B = Bleiglanz. Z = Zinkblende.
Revier Homan, 2.169 m, Anschliff SB II 490
1 Nicol, Vergr. ca. 160 x

Abb. 6
Stark kataklastischer Magnetit, der in scharfkantige Bruchstücke zerlegt ist. Verkittet werden die Magnetitbruchstücke durch Gangart und Bleiglanz. Schwarz sind Ausbrüche. Die Kataklase der beiden Ilmenitleisten ist weniger stark ausgeprägt. Gangart dunkelgrau. Magnetkies (hellgrau). Bleiglanz (weiß). Z = Zinkblende.
Revier Pietro, 2.206 m, Anschliff SB II 33
1 Nicol, Vergr. ca. 60 x

Abb. 7 a
Ausschließlich aus Magnetitkristallen aufgebaute Erzpartie. Die beiden großen Magnetite zeigen in ihrem zentralen Teil als Idioblastensieb ausgebildete Gangarteinschlüsse. Die Schieferung geht parallel der unteren Bildkante. Die Orientierung der Magnetite läßt eine teilweise Rotation während der Deformation vermuten. Magnetit enthält z. T. Verdrängungseinschlüsse von Zinkblende. Gangart dunkelgrau. Bleiglanz (Pfeil).
Revier Martin, 2.380 m, Anschliff SB II 32
1 Nicol, Vergr. ca. 10 x


B
Z
B
M


Z
Z
Z

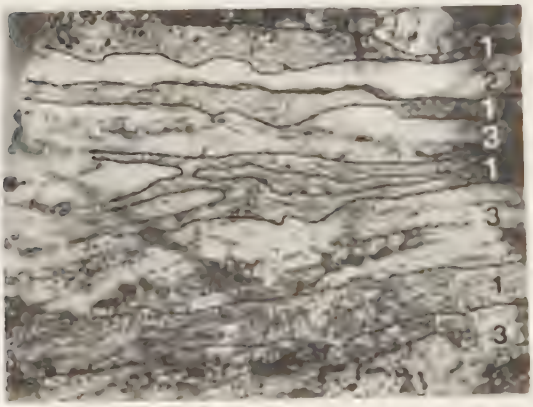

1
2
1
3
1
3
1
3

Abb. 7 b
Ausschnitt eines Magnetitkristalls aus Abb. 7 a. Bei den in der Randpartie des Magnetits auftretenden z. T. tropfenförmig ausgebildeten hellweißen Aggregaten handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um Arsenkies. Gangart dunkelgrau. Zinkblende umrandet. Bleiglanz (Pfeil).
1 Nicol, Vergr. ca. 300 x

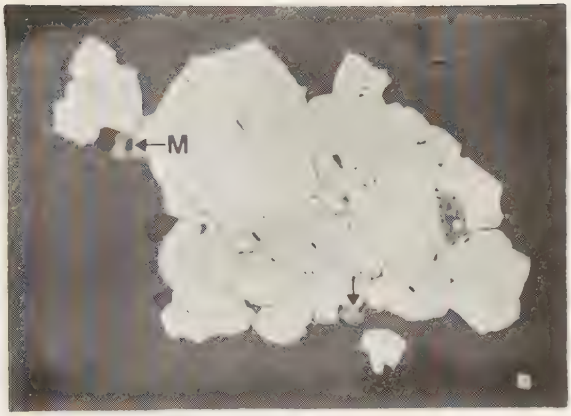
Abb. 8
Primäre? Wechsellagerung von pyrit- und quarzreichen Partien.
1 = Pyrit + Quarz
2 = Quarz
3 = Zinkblende + Quarz + Pyrit
Revier SW, 2.060 m - 3. Aufbruch. Handstück poliert.

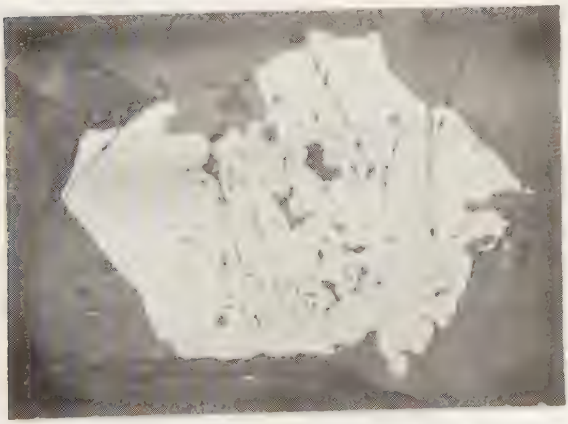
Abb. 9
Durch Verdrängung skelettartig ausgebildete Pyritpartie in der "filone"-Fazies. Am unteren Bildrand in der Schieferung ausgelängte Pyrite. Schwarz Gangart (Biotit und Quarz).
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB II 415
1 Nicol, Vergr. ca. 10 x

Abb. 10
Lockeres Pflaster aus rekristallisierten Pyritkörnern. Bildmitte rechts: Ilmenit (grau) mit Gangarteinschlüssen und einem Pyriteinschluß. Im Pyrit stellenweise kleinste Rutileinschlüsse. Gangart schwarz. Zinkblende (Pfeil). M =Magnetkies, z. T. umgewandelt in "Zwischenprodukt".
Revier Pietro, 2.206 m, Anschliff SB II 397
1 Nicol, Vergr. ca. 80 x

Abb. 11
Schwach zerbrochener Pyrit-Poikiloblast mit siebartigen Gangarteinschlüssen. Gangart dunkelgrau.
Revier Pietro, 2.206 m, Anschliff wie Abb. 10
1 Nicol, Vergr. ca. 80 x

Abb. 12
Pyritkorn mit einem gut ausgebildeten konzentrischen Ring von Gangartmineralen. Unter den Einschlüssen wenige kleinste Rutilkörner. Gangart schwarz (hauptsächlich Quarz).
Revier Pietro, 2.206 m, Anschliff wie Abb. 10
1 Nicol, Vergr. ca. 160 x


M



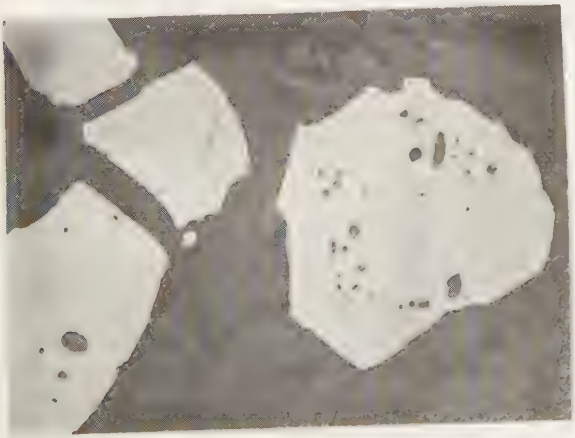


Abb. 13
Pyrit-Poikiloblasten (weiß) mit Einschlüssen von Bleiglanz. Die Pyrite sind poikiloblastisch in der Zinkblende (dunkelgraue Bildfläche) gewachsen. Bleiglanz (hellgrau) hat später die Zinkblendeeinschlüsse verdrängt. Ein Teil der Zinkblendeeinschlüsse ist noch erhalten (unten links, dunkelgraue Einschlüsse). Gangart schwarz.
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB II 440 a
1 Nicol, Vergr. ca. 130 x

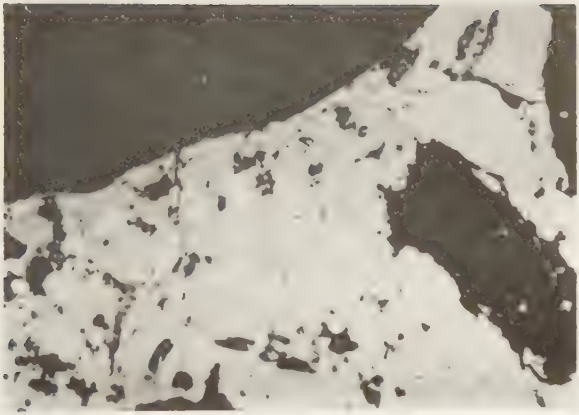
Abb. 14
Dichte, feinkörnige Zinkblende (dunkelgrau) ist fein durchsetzt mit Pyrit (weiß) und wenig Magnetkies. Gangart schwarz.
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 073.2
1 Nicol, Vergr. ca. 170 x

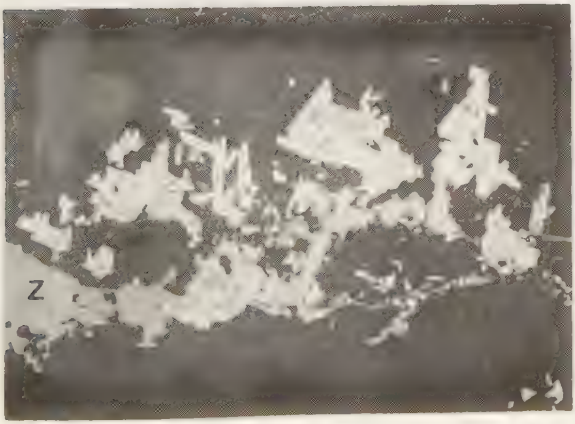
Abb. 15
Stark beanspruchte Magnetkiespartie (grau) wandelt sich in Pyrit/Markasit ($\pm$ weiß) um. Partie in der Bildmitte zum größten Teil Pyrit. Spindeln im Magnetkies bestehen aus Markasit. Am oberen Bildrand Zinkblende (dunkelgrau). Gangart schwarz.
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB II 419 c
1 Nicol, Vergr. ca. 120 x

Abb. 16
Magnetkieslage. Im Magnetkies (grau) befinden sich Reste eines ehemaligen größeren Pyritkristalls (weiß), der durch jüngeren Magnetkies verheilt wird. Oben rechts größerer Pyritrest. Gangart schwarz.
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 254
1 Nicol, Vergr. ca. 480 x

Abb. 17
Skelettartiges Wachstum von Pyrit in der Gangart (schwarz). Die Pyritskelette sind sehr einschlußreich. Im Bereich der Scherfläche (die Fortsetzung der Zinkblendepartie (Z) nach rechts) unterlag Pyrit stark kataklastischer Zerlegung bis zu einem feinen Pyritmylonit. Der kataklastische Pyrit wird durch Zinkblende und Bleiglanz verheilt. In der Zinkblende Magnetkiesentmischungen.
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB II 441 c
1 Nicol, Vergr. ca. 150 x

Abb. 18
Stark kataklastische Zinkblendepartie (grau) aus dem Störungsbereich ist durch Pyrit (weiß) verkittet. Dunklere Partie am rechten Bildrand ist ebenfalls Zinkblende, die hier durch Gangart verheilt wird. Gangart schwarz (oben links).
Revier Homan, 2.169 m, Anschliff SB II 493.2
1 Nicol, Vergr. ca. 80 x




Z

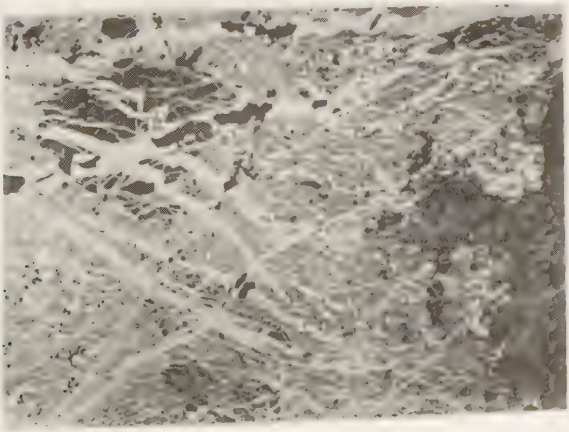


Abb. 19
Jamesonit (weiß) mit Einlagerungen von idiomorphen Arsenkieskristallen (hellweiß). Auf der linken Bildseite sind während des Poliervorganges parallel der Zwillingslamellierung des Jamesonits Schleifspuren aufgetreten. Gangart dunkelgrau.
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 293.1 a
1 Nicol, Vergr. ca. 140 x

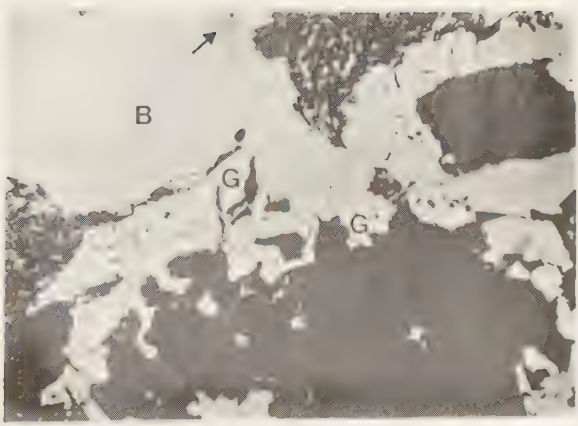
Abb. 20
Durch Wechsellagerung von arsenkies- und quarzreichen Partien hervorgerufener Lagenbau. Am Aufbau der Arsenkieslagen ist wenig Pyrit und Rutil beteiligt.
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 275
1 Nicol, Vergr. ca. 35 x

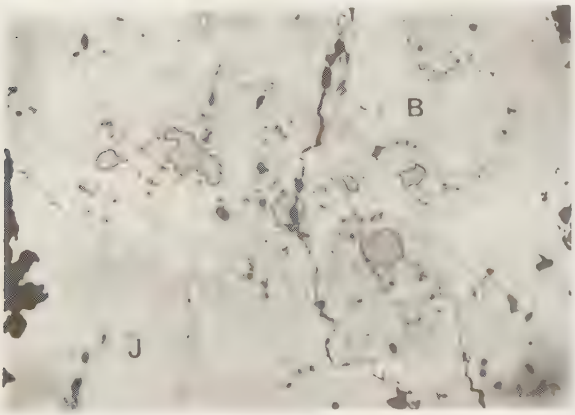
Abb. 21
Größere Nester von Magnetkies im Zinkblendeerz. Magnetkies ist myrmekitisch mit Gudmundit verwachsen sowie von zahlreichen meist rundlichen Breithauptiteinschlüssen durchsetzt. Gangart schwarz. Zinkblende dunkelgrau. Magnetkies hellgrau. Gudmundit weiß. Breithauptit umrandet. Bleiglanz (Pfeil).
Revier NE, 2.000 m, Anschliff SB II 375
1 Nicol, Vergr. ca. 430 x

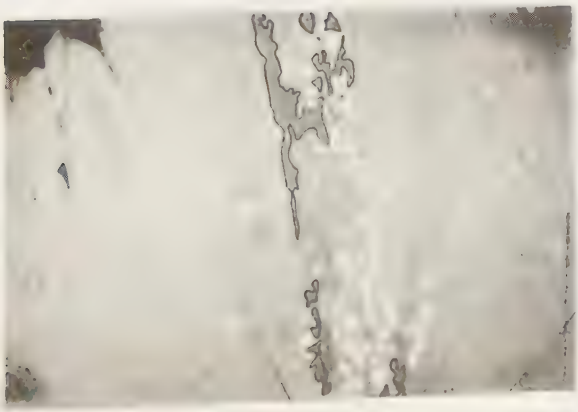
Abb. 22
Gudmunditpartie, die diagonal durch das Schliffbild zieht. Gudmundit ist an dem helleren Grauton, dem durchziehenden Band an Nebengesteinseinschlüssen sowie an rekristallisierten Partien (G) gegen die Gangart zu erkennen. Ausbrüche schwarz. Gangart dunkelgrau. B = Bleiglanz. Zinkblende (Pfeil).
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 136.2
1 Nicol, Vergr. ca. 150 x

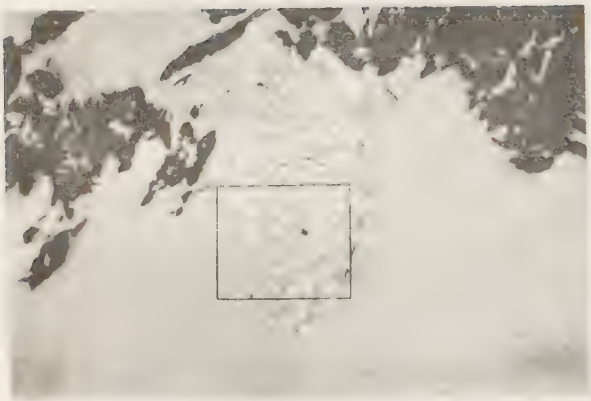
Abb. 23
Jamesonitknauer in der Umrandung einer Quarzknolle. Linke untere Partie Jamesonit (J). Diagonal durch das Schliffbild: myrmekitische Verwachsung von Bournonit, Kupferkies und wenig Zinkblende im Bleiglanz. Im Zentrum der myrmekitischen Verwachsungen befindet sich Fahlerz (umrandet). Rechte obere Partie Bleiglanz (B). Die hellen Partien in den Myrmekiten sind Kupferkies. Gangart schwarz.
Revier SW, 2.060 m, Anschliff SB II 373 a
1 Nicol, Vergr. ca. 80 x

Abb. 24
Jüngerer Polybasit (umrandet) verdrängt Jamesonit (mittlerer Grauton). Hellweiße Körner am Jamesonit und im Bleiglanz (graue Bildfläche) sind Dyskrasit.
Revier SW, 2.060 m, Anschliff SB II 314
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 350 x

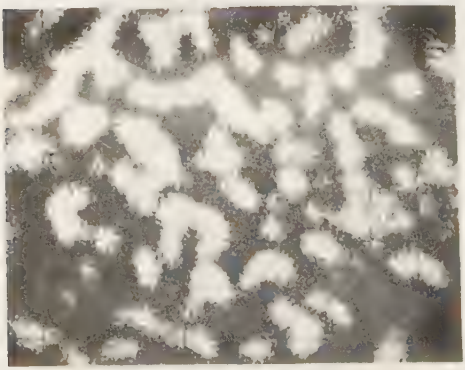

B
G
G


B
J





Ag $1\beta_{2,15}$



Sb 1α

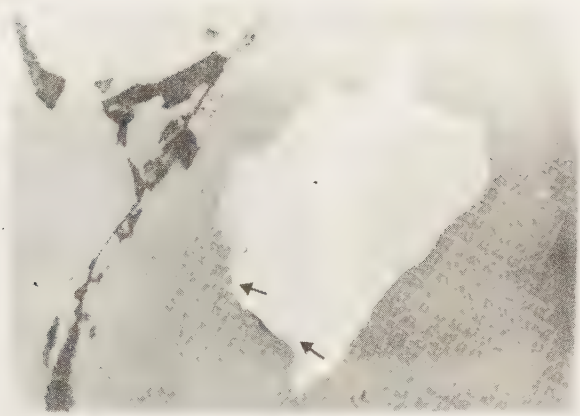
Abb. 25 a
Myrmekitähnliche Verwachsung von Dyskrasit (weiß), Magnetkies (grau) und Bleiglanz (hellgraue Bildfläche). Gangart schwarz.
Revier SW, 2.060 m, Anschliff SB II 314
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 350 x

Abb. 25 b
Die Verteilung des Elements Ag im umrandeten Ausschnitt aus Abb. 25 a. Rasterbild der Röntgenstrahlung.
Vergr. ca. 1.000 x

Abb. 25 c
Die Verteilung des Elements Sb im umrandeten Ausschnitt aus Abb. 25 a. Rasterbild der Röntgenstrahlung.
Vergr. ca. 1.000 x

Abb. 26
Kupferkieskorn (weiß) in grobkörniger Zinkblende (dunkelgrau). Kupferkies wird von Zinnkies (grau) umrandet. Im Kupferkies ist randlich schwach Mackinawit (Pfeil) zu erkennen. Ausbrüche schwarz.
Revier SW, 2.000 m, Anschliff SB II 239.1
1 Nicol, Vergr. ca. 460 x

Abb. 27
Unregelmäßige Ullmannitaggregate (weiß; umrandet) im Bleiglanz (hellgraue Bildfläche). Am oberen Bildrand Magnetkies (umrandet). Ausbrüche und Gangart schwarz.
Revier Veit I, 2.000 m, Anschliff SB II 451
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 350 x



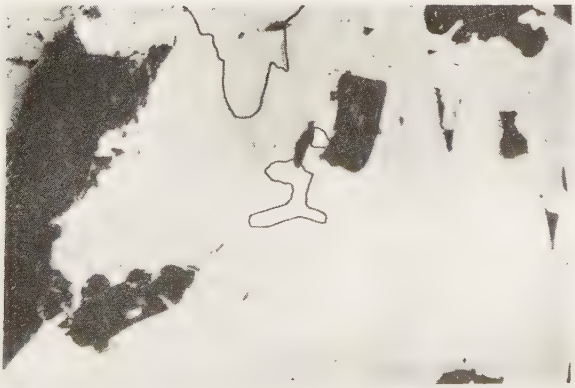


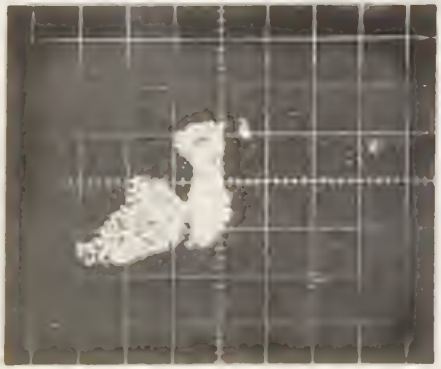
Abb. 28a

Mn K α

Abb. 28b

Co K α

Abb. 28c



Ni K α

Abb. 28d

Cu K α

Abb. 28 a
Magnetkieskorn mit Linneit (umrandet). Rasterbild der rückgestreuten Elektronen (BSE).
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB II 486
Vergr. ca. 250 x

Abb. 28 b
Verteilung des Elements Co. Rasterbild der Röntgenstrahlung.
Vergr. ca. 250 x

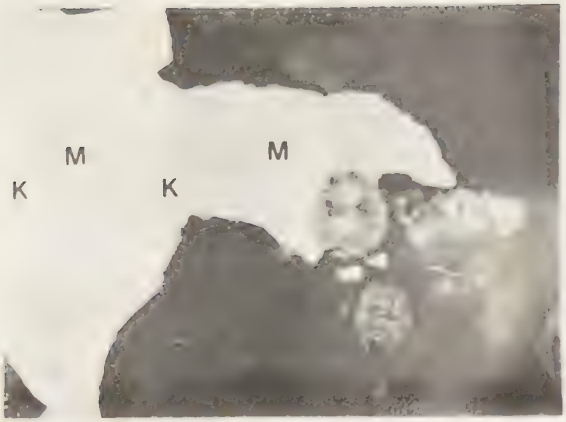
Abb. 28 c
Verteilung des Elements Ni. Rasterbild der Röntgenstrahlung.
Vergr. ca. 250 x

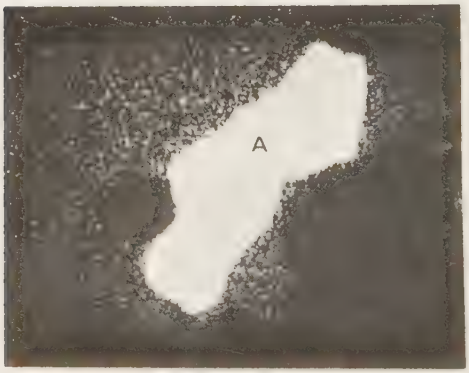
Abb. 28 d
Verteilung des Elements Cu. Anreicherung von Cu zeigt ein Kupferkieskorn an. Rasterbild der Röntgenstrahlung.
Vergr. ca. 250 x

Abb. 29
Kupferkiesmobilisat. Radialstrahlig aufgebaute Graphitkugel mit einem Anwachssaum von Graphit. In der äußersten Umrandung des Anwachssaumes befinden sich kleinste Kupferkies- und Magnetkieseinschlüsse (weiß). Unter der Graphitkugel ein weiteres kugeliges Graphitaggregat. Gangart schwarz. M = Magnetkies. K = Kupferkies.
Revier NE, 2.000 m, Anschliff SB II 385.1 b
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 310 x

Abb. 30 a
Beanspruchte und zerscherte Graphitlage. Die einzelnen Graphitaggregate bestehen z. T. aus einer Zusammenballung kugelig aufgebauter Graphite. Magnetkies (weiß), z. T. etwas Kupferkies. Am unteren Bildrand Mitte Granat. Gangart dunkelgrau.
Revier Veit, 2.000 m, Anschliff SB V. III. 11.02 a
1 Nicol, Vergr. ca. 10 x

Abb. 30 b
Ausschnitt aus Abb. 30 a. Gut erkennbar ist der Aufbau des Graphits in Form feiner radialer Kugeln. In Pfeilrichtung gut ausgebildete Sphärolithe. Gangart schwarz.
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 310 x


M
M
K
K



Bi l ∝

Pi l ∝

Abb. 31 a
Ged. Wismut (weiß; umrandet), z. T. stark zerkratzt im Bleiglanz (hellgrau). Oben rechts zwei kleinere Wismutkörner neben Magnetkies (dunkelgrau). Gangart (schwarz, linke Bildseite), Ausbrüche (schwarz, rechte Bildseite). Punkt A kennzeichnet in allen drei Abbildungen das gleiche Wismutkorn.
Revier Pietro, 2.206 m, Anschliff SB II 402
1 Nicol, Ölimm., Vergr. ca. 350 x

Abb. 31 b
Rasterbild der Röntgenstrahlung für Bi vom größten Wismutkorn aus Abb. 31 a.
Vergr. ca. 1.000 x

Abb. 31 c
Rasterbild der Röntgenstrahlung für Bi vom größten Korn und dessen Umgebung aus Abb. 31 a. Es sind zahlreiche weitere Einschlüsse von ged. Wismut zu erkennen. Nur die hellsten Bereiche zeigen Bi an.
Vergr. ca. 250 x

4.13 Erzarten

Die Alten unterschieden nach GRANIGG (1908 a) in Schneeberg "blendiges" und "bleiisches" Erz oder Mittelerze, die sie nach dem vorherrschenden Begleitmineral in quarziges, karbonspätiges oder tremolitisches und granatführendes Erz unterteilten. Die Zinkblendearten teilten sie in "grobblättrige", "kleinblättrige" und "dichte oder feinspeisige" Blende.

Vereinfachend lassen sich in der Grube drei Erzarten auseinanderhalten, die jeweils das Mineral Zinkblende, Bleiglanz und Magnetkies - neben Gangartmineralen (Quarz, Karbonat, Plagioklas, Tremolit, Granat, Biotit) - als kennzeichnende Komponente enthalten und die auch in der genannten Reihenfolge an quantitativer Bedeutung verlieren:

Pb/Zn-Erze mit Zinkblendevormacht
Pb/Zn-Erze mit Bleiglanzvormacht
Pb/Zn-Erze mit Magnetkiesvormacht

Die Übergänge zwischen den drei oben genannten Erzvarietäten sind fließend. Daneben treten Erzpartien auf, in denen Gangartminerale vorherrschen sowie schwach mineralisierte Gesteine, die die Vererzung begleiten (Muskowit-Quarz-Schiefer und "filone"-Fazies).

Massives, grobkörniges Zinkblendeerz ist die Haupterzart in der Grube Schneeberg. Neben Zinkblende treten untergeordnet Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz, wenig Arsenkies sowie die Oxide Ilmenit, Rutil und Gangartminerale auf. Partienweise ist das grobkörnige Zinkblendeerz fast einschlußfrei und enthält neben wenig Gangartmineralen keine weiteren Sulfide. Typischer ist eine mengenmäßig unterschiedliche Anreicherung rundlicher Magnetkiespartikel zusammen mit Kupferkies und Bleiglanz.

Neben dem sehr grobkörnigen Zinkblendeerz gibt es untergeordnet eine sehr dichte, feinkristalline Zinkblendevarie-

tät, die bis zu 50 % aus Gangartmineralen (überwiegend Quarz) bestehen kann. Die Mineralführung beschränkt sich auf Magnetkies, der die Zinkblende fein durchsetzt sowie untergeordnet Pyrit, Kupferkies und Bleiglanz. Alle anderen Minerale treten nur vereinzelt auf oder fehlen ganz.

Zinkblendeerz mit höherem Gehalt an Fe-Mineralen enthält in den Neuaufschlüssen fast ausschließlich Magnetkies - untergeordnet Pyrit (Revier Veit). Im Alten Lager ist in Fe-betonten Erzen das Auftreten von Magnetit neben Magnetkies wesentlich häufiger.

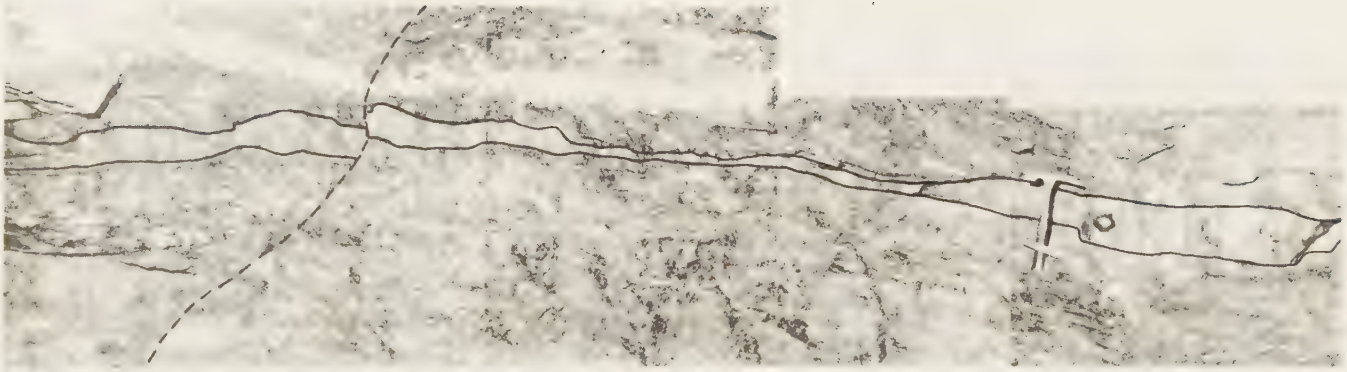
Massives Bleiglanzerz tritt nur in grobkörnigen Mobilisaten auf oder, wenn es tektonisch mobilisiert wurde, in feinkristalliner Form. In bleiglanzbetonten Erzpartien ist der Großteil der in Tab. 3 aufgeführten seltenen Erzminerale enthalten.

Darüberhinaus tritt ein extrem ZnS-armes Magnetkieserz auf, das stark mit Gangartmineralen vergesellschaftet ist. Es enthält meist wenig Kupferkies, Ilmenit, Rutil und Bleiglanz. Nur vereinzelt wurden Pyritkörner beobachtet.

4.2 Lagerungsverband und Tektonik der Vererzung

Die derzeit im neuen Grubengebäude im Streichen aufgeschlossenen Vererzungen entsprechen in ihrer äußeren Gestalt unregelmäßig entwickelten Linsen, deren streichende Ausmaße über 400 m (Revier SW, 2.000 m) betragen können.

Die Form der Vererzung wird durch die Ausbildung der auf größere Erstreckung durchzuverfolgenden Zinkblendelagen verdeutlicht. Abb. 32 u. 33 zeigen zwei Beispiele für die leicht gewellte Form der Zinkblendelagen mit verdickten Partien bis zu 15 cm Mächtigkeit. Zwischen diesen anschwellenden Partien kann die Zinkblende bis auf mm-Mächtigkeit reduziert sein. Dieses äußere Erscheinungsbild der Zinkblendelagen kann nach den heutigen Aufschlußver-



bb. 50

bb. 51

hältnissen auf dem 2.000 m-Niveau auf die Vererzungform übertragen werden und führt zu einer extrem flachlinsigen Gestalt der mineralisierten Lagerstättenteile.

Kennzeichnend für das Auskeilen der einzelnen Erzlinsen ist eine Reduzierung der Mächtigkeit bis unter 0,5 m mit abnehmender Mineralisation und allmählicher Verzahnung von "filone"-Fazies und/oder Muskowit-Quarz-Schiefer (erzbegleitende Fazies) mit dem Nebengestein (Abb. 39).

Nach den derzeit gegebenen Aufschlußverhältnissen scheint sich die Vererzung im Streichen auf dem 2.000 m-Niveau in mindestens drei Vererzungsbereiche aufgliedern zu lassen, deren aufgeschlossene Teile eine streichende Länge von 400 m im Revier SW und 150 m im Revier NE haben. Im Revier Veit (2.000 m) scheint sich die Vererzung in mehrere Erzlinsen aufzuspalten, deren streichende Ausmaße schwer abzuschätzen sind, aber ungefähr zwischen 50 m und > 100 m liegen dürften.

Bei der Verfolgung der Vererzungsbereiche konnte festgestellt werden, daß die einzelnen Erzkörper stets konkordant in das Nebengestein eingeschaltet sind und die Mineralisation durchwegs an die erzbegleitende Fazies gebunden ist. Die ss- bzw. sf-Flächen-Konkordanz der Vererzung und rhythmischer Aufbau der Erzkörper aus Erzlagen, hauptsächlich Zinkblendelagen, erzbegleitender Fazies und Nebengesteinslagen kommt in Abb. 34, 35 u. 36 zum Ausdruck. Die erzbegleitende Fazies ist streng an die Erzlager gebunden, wobei die Anordnung von "filone"-Fazies, Muskowit-Quarz-Schiefer und Erz keine symmetrische Abfolge bildet! Ähnliche Vererzungsbilder sind zwar in der Lagerstätte vorhanden, treten aber weitgehend gegenüber einem rhythmischen Aufbau zurück.

Den Typus der Schneeberger Vererzung im dm-Bereich aus dem Revier NE (2.000 m) zeigt Abb. 37. Die Vererzung setzt hier unter dem hangenden Muskowit-Quarz-Schiefer mit einer max. 2 cm mächtigen grob rekristallisierten Zink-

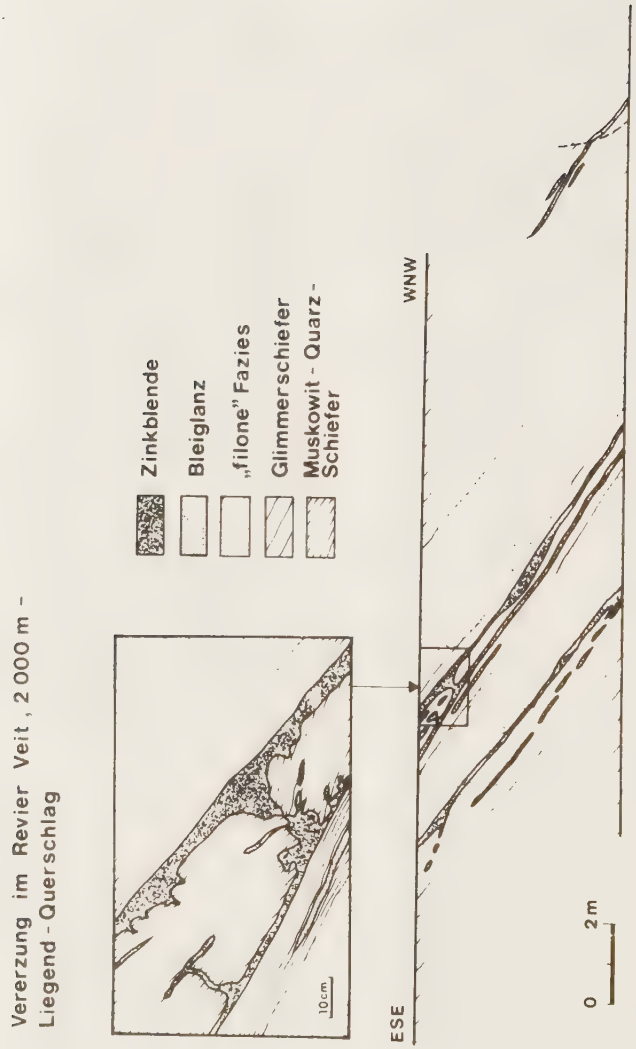


Abb. 34: Konkordant eingelagerte Zinkblendevererzung im Revier Veit (2.000 m). Detailaufnahme zeigt geringfügige Zinkblendemobilisationen

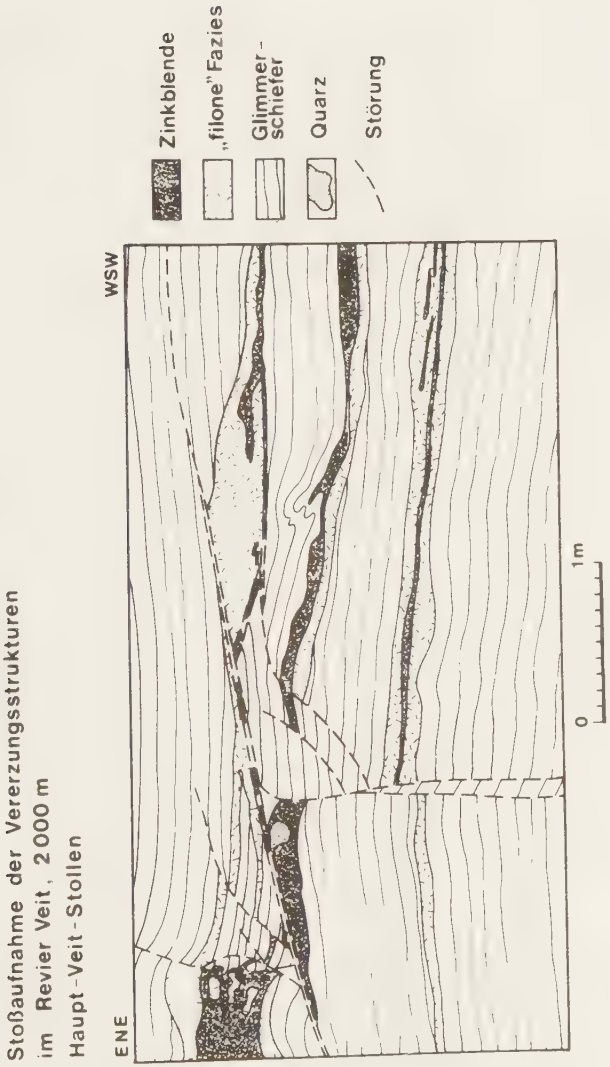


Abb. 35: Konkordant eingelagerte Zinkblendevererzung im Revier Veit (2.000 m). In annähernd schieferungskonkordanten Störungen sind abgerissene Partien von Zinkblende eingelagert

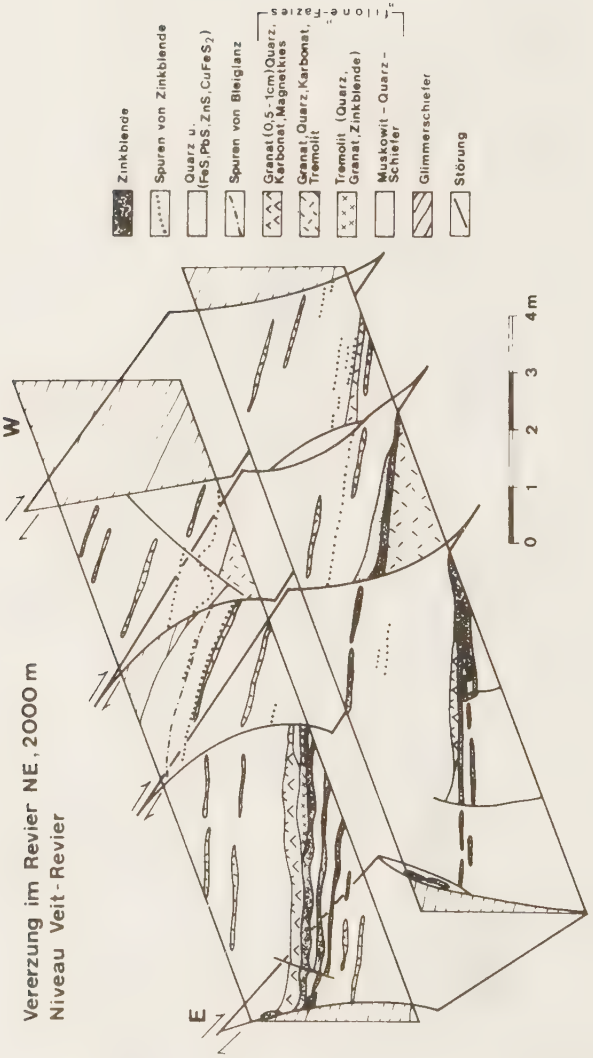


Abb. 36: Vererzung im Revier NE (2.000 m). Die Vererzung ist durch NE-SW verlaufende Störungen versetzt, wobei der Erzkörper scharf gegen das Nebengestein abgegrenzt wird

blendelage ein und endet über dem liegenden Muskowit-Quarz-Schiefer mit einer 10 cm mächtigen, stark durchbewegten und feinkörnig rekristallisierten Zinkblendelage. In die letztere sind Quarzmobilisate und z. T. rotierte und ausgewalzte Nebengesteinslinsen eingelagert. Das räumlich enge Auftreten einer grobkörnigen rekristallisierten und einer dichten feinkörnigen Zinkblende, die alle Merkmale einer tektonisch starken Durchbewegung zeigt, ist charakteristisch für die gesamte Schneeberger Vererzung. Zwischen beide Zinkblendelagen schaltet sich grobkörnige "filone"-Fazies, fein durchsetzt mit Magnetkies und Kupferkies, ein. Makroskopisch weiter erkennbar und Hauptbestandteile der "filone"-Fazies sind Granat, Quarz, Biotit und Tremolit. Einen mehr lagigen Aufbau aus quarz- und biotitreichen Partien zeigt "filone"-Fazies aus dem Revier Veit (2.000 m) (Abb. 38).

Ein weiteres charakteristisches Merkmal der Schneeberger Vererzung sind die schon erwähnten cm- bis mm-mächtigen dichten, feinkörnigen Zinkblendelagen, die z. T. grobkörnig verdickte Zinkblendeaggregate verbinden. Diese treten aber auch verstärkt und dann weiter aushaltend an den auskeilenden Enden der Erzlinsen auf. Die einzelnen Linsen (z. B. Revier NE - Revier Veit) werden sicher nicht durchgehend von diesen dünnen Zinkblendelagen verbunden, sie können aber als mögliches Indiz für das weitere Antreffen einer Vererzung dienen.

Stets ist die ss/sf-konkordante Vererzung durch Störungen abgeschnitten bzw. versetzt. In vielen Fällen werden diese Störungen durch nachträgliche Erzmobilisationen, z. T. flexurartig durch rekristallisierte Partien überbrückt (Abb. 40). Daneben treten offensichtlich Störungen auf, "die mit ziemlicher Breite um die Richtung der Schieferung pendeln" (KLIX 1974 : 90).

Beide Störungstypen sind nach KLIX (1974) ± gleichzeitig angelegt worden. Das zeitweise Ausdünnen der Erzlagen gegen diese Störungen zeigt nach KLIX (1974) eine erhöhte Mobilisation des Erzes in Richtung dieser Fugen an.

Bei einer späteren Durchbewegung sind die sf-parallelen Störungen erneut beansprucht worden, wobei Erz und Nebengestein offensichtlich mechanisch verschleppt wurden. Das Erz ist in diesem Fall kataklastisch aufgelöst und oft in einen Mylonit zerlegt (Abb. 35 u. 41).

In einer sicher jüngeren Beanspruchung, die nur noch die Auswirkungen einer Bruchtektonik zeigt, sind nach KLIX (1974 : 96) die alten Störungen erneut durchbewegt "und in gleicher Raumlage weitere angelegt". Unter diese Gruppe fallen Störungen, die auch die Trias der Schneeberger Weiße versetzen und damit eindeutig posttriadisch sind. Diese Störungen sind bezeichnenderweise erzfrei.

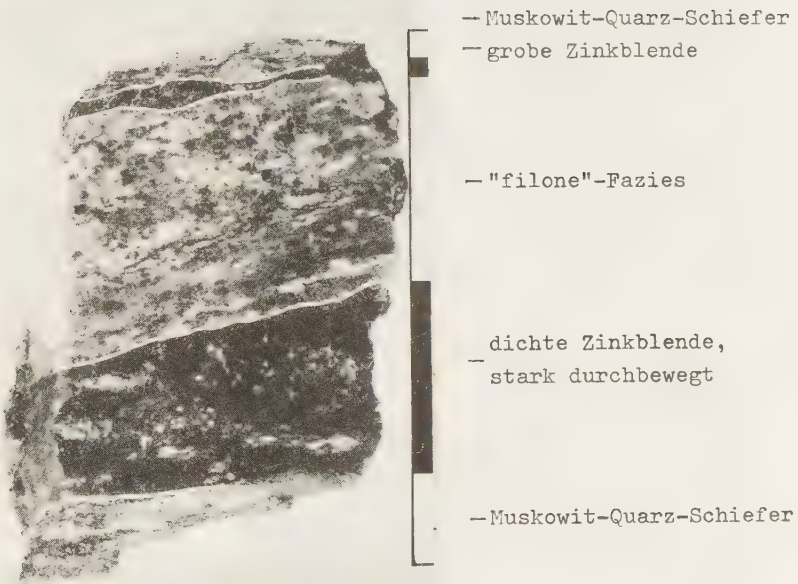
Unter Berücksichtigung der tektonischen Ergebnisse von KLIX (1974) und den vorstehend zusammengefaßten Beobachtungen können folgende Erkenntnisse festgehalten werden:

1) Die Erzkörper sind konkordant in das Nebengestein eingelagert. KLIX (1974) konnte zeigen, daß die Erzanreicherung auf Flächen erfolgt ist, die identisch mit dem alten ss sind.

2) Die ursprünglich sehr wahrscheinlich stratiform eingeschaltete Vererzung liegt heute in Form langgestreckter Erzlinsen vor, deren primäres Auskeilen an einigen Stellen der Erzkörper zu beobachten ist.

3) Auf der 2.060 m-Sohle und dem 2.000 m-Niveau sind keine von der Hauptvererzung abscharende diskordante Nebentrümer zu beobachten, die von GRANIGG (1907 b) für die alte Lagerstätte und von SCHMITZ (1971) für die Pflerscher Vererzung beschrieben werden. Häufig ist zu beobachten, daß konkordant verlaufende Zinkblendelagen lokal im m-Bereich schwache Diskordanzen zum Nebenge-

Abb. 37:



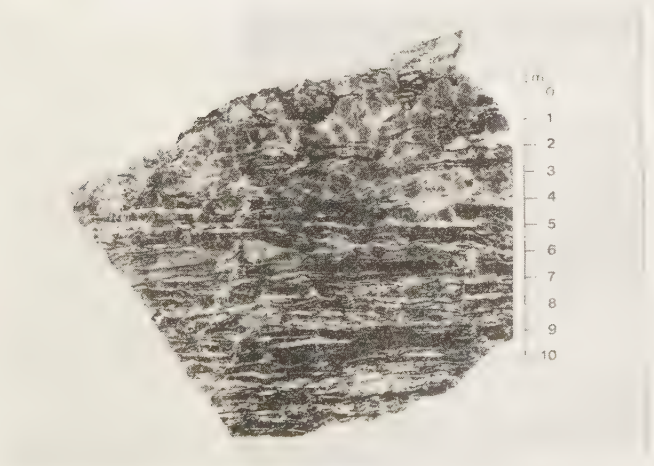
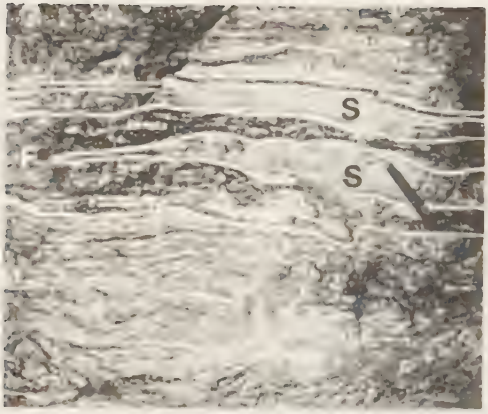


Abb. 38: Grobkörnige "filone"-Fazies aus dem Revier Veit (2.000 m)


S
S

Q
gz

Abb. 39:
Erzbegleitende Fazies im Revier Veit (2.000 m). Wechsellagerung von Muskowit-Quarz-Schiefer (S) und "filone"-Fazieslagen (F). Helle Partien in der "filone"-Fazies bestehen aus Karbonat und Quarz. Meißellänge 20 cm

Abb. 40:
Grobkörnige Zinkblendevererzung aus dem Revier NE (2.000 m). Detailfoto aus Abb. 36. Dunkle Zinkblendelagen sind an Störungen abgerissen bzw. versetzt. Am linken Bildrand abgerissenes, dichtes Zinkblendeerz in einer größeren Störungszone

Abb. 41:
Vererzung im Revier SW (2.000 m). Stark durchbewegte Erzpartie, die im Hangenden aus Quarzmobilisaten (Q) und tektonisch stark beanspruchter, dichter Zinkblende (dZ) sowie im Liegenden aus grobkörniger Zinkblende (gZ) mit schieferungskonkordanten Zinkblendeapophysen besteht

stein aufweisen. Nach KOARK (1973 : 29) können solche Diskordanzen "durch verschiedene Teilbeweglichkeit von Erz und Nebengestein erklärt werden".

In der zentralschwedischen Leptitserie gibt KOARK (1973 : 22) folgende Möglichkeiten für die Entstehung sekundär-oblonger Erzkörperformen an:

1) Teilungskörper, entstanden durch Verwerfungen, Zerscherungen und Boudinage von Erzlagern; meist als (h0l)-Zerlegungen.

2) Massenverlagerung durch plastisches Abwandern in Druckminima; z. B. mechanische Transporte zum Faltenscheitel.

3) Anschwellen der Zwischenflügel durch "innere Faltung".

4) Längung parallel b durch Verzerrung (mechanisch) oder/und Wachstum (molekular).

5) Längung parallel b durch Rollung um b.

Für die Bildung langgestreckter Erzkörper im cm- bis dm-Bereich nimmt SCHMITZ (1971) in den Pflerscher Erzen in erster Linie Deformationen an, wie sie von KOARK unter den Punkten 2, 4 und 5 beschrieben werden. Die begrenzten Aufschlußverhältnisse sowohl im Pflersch als auch in den Neuauffahrungen in Schneeberg erlauben jedoch eine derartige Zuordnung für den Großbereich noch nicht.

4) Die von KOARK (1973) unter Punkt 1 diskutierte Möglichkeit einer Boudinage von Erzlagern sollte in Schneeberg mehr Beachtung finden. Eine unmaßstäbliche, schematische Skizze der einzelnen Erzkörper im Streichen auf dem 2.000 m-Niveau zeigt die modellartige Deutung ihrer boudinähnlichen Form (Abb. 42).

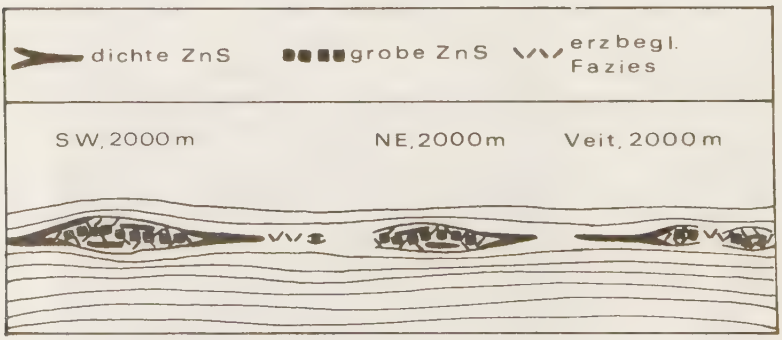


Abb. 42

5) Die Deformation bzw. Zerlegung der linsenförmigen und lagigen Erzkörper durch Störungen verschiedener Intensität weist darauf hin, daß zumindest zwei, im geologischen Alter sehr unterschiedliche Generationen von ruptureller Deformation gewirkt haben müssen.

6) Der im gesamten Lagerstättenbereich beobachtbare Lagenbau des Erzes ist auf jeden Fall in bezug auf eine sehr frühe schichtige Erzanreicherung älter als die älteste heute wahrnehmbare Generation von Störungen.

4.3 Räumliche Verteilung der Erzparagenese

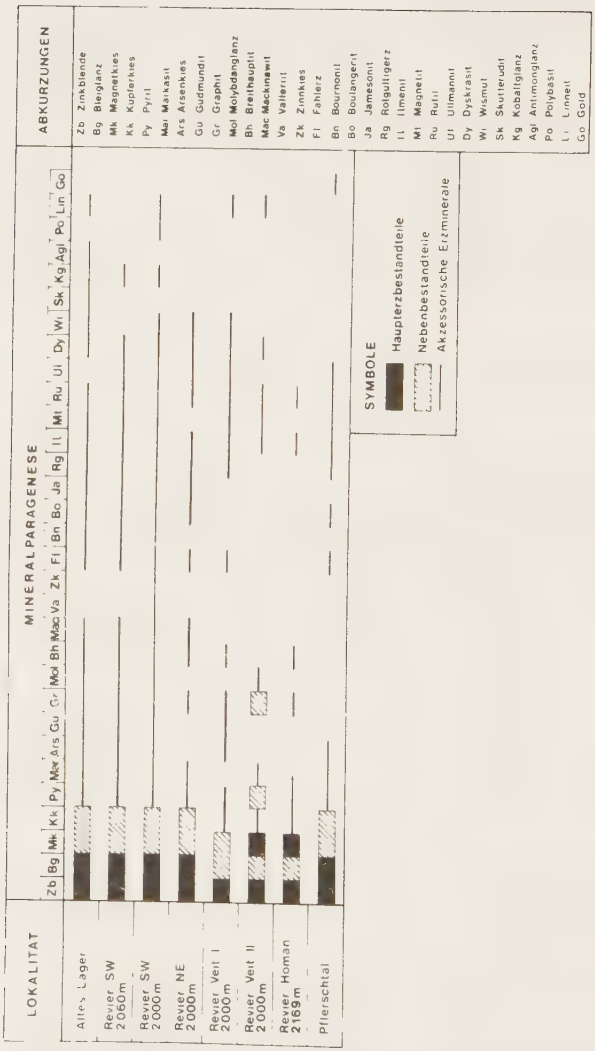
Die Verteilung der Erzminerale in den einzelnen Lagerstättenrevieren ist in Tab. 3 wiedergegeben. Entsprechend dem Mineralinhalt der einzelnen Reviere ist zu erkennen, daß die Komplexität der Erzparagenese vom Alten Lager zur Pflerscher Vererzung hin abnimmt.

In Karte 1 ist die Verteilung der Erzminerale in den Neuaufschlüssen der Grube Schneeberg vereinfacht dargestellt, zeigt aber im Streichen die charakteristische Veränderung des Erzmineralinhalts eindeutig auf.

Kennzeichnend für den Charakter des gesamten Lagerstättenbereichs ist die quantitative Vorherrschaft von Zinkblende mit unterschiedlichen Mengen von Bleiglanz, Magnetkies und lokal Kupferkies.

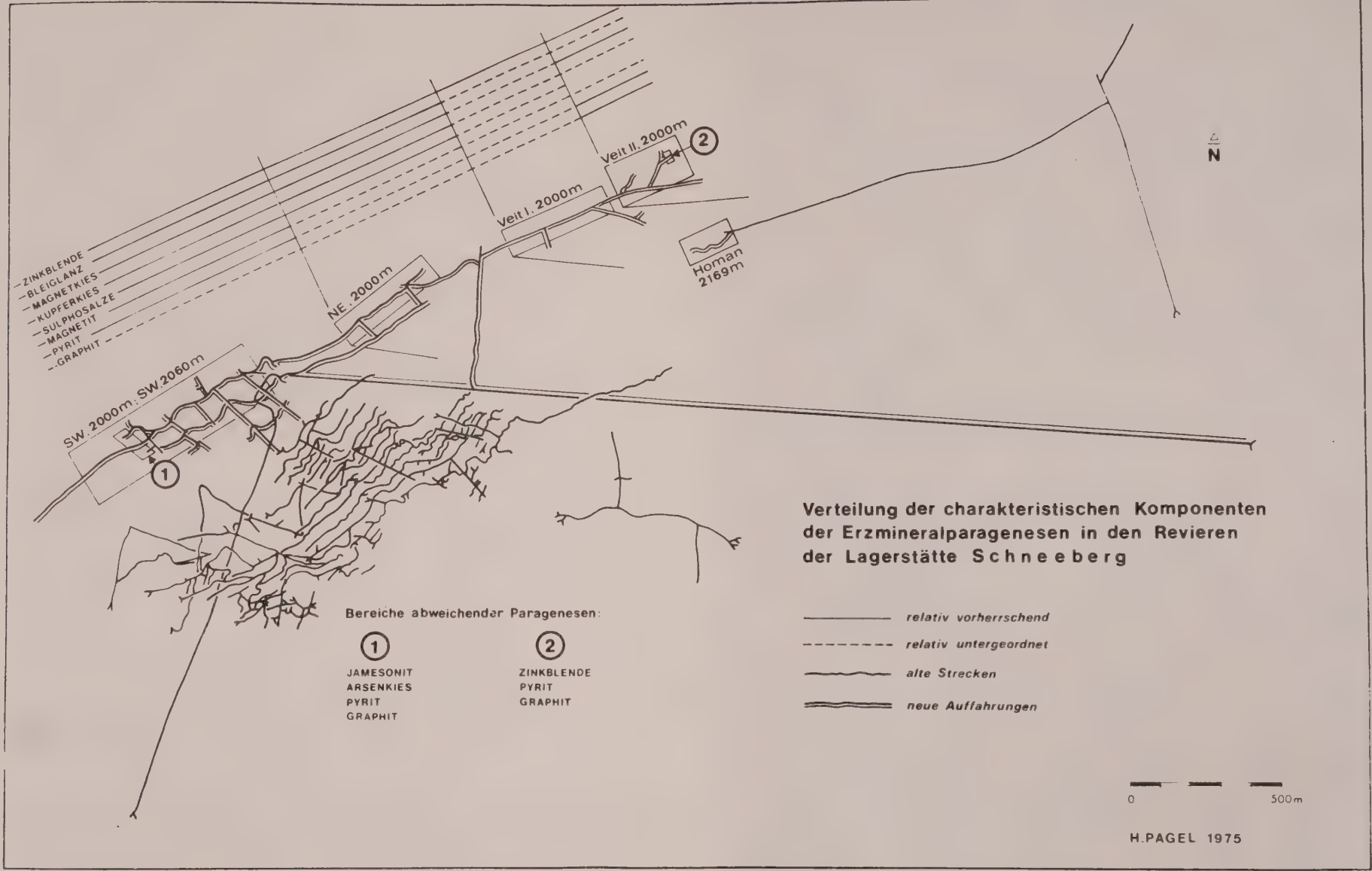
Folgende Beobachtungen können aus Erzanschliffuntersuchungen zur Frage der räumlichen Verteilung der Erzminerale zusammengefaßt werden:

1) Altes Lager, Revier SW (2.060 m) und Revier SW (2.000 m) zeigen keine charakteristischen Unterschiede in der Erzmineralführung. Der paragenetische Zusammenhang ist hier offensichtlich.



Tab. 3: Verteilung der Erzminerale im Lagerstättenbezirk Schneeberg/Pflerschtal. Vererzung Altes Lager nach FÖRSTER (1963), BRIGO (1965) und eigenen Beobachtungen. Vererzung Pflerschtal nach SCHMITZ (1971) und eigenen Beobachtungen

Karte 1


ZINKBLENDE
BLEIGLANZ
MAGNETKIES
KUPFERKIES
SULPHOSALZE
MAGNETIT
PYRIT
GRAPHIT
Veit II. 2000m
Veit I. 2000m
NE. 2000m
SW. 2000m; SW. 2060m
Homan 2169m
N
Verteilung der charakteristischen Komponenten der Erzmineralparagenesen in den Revieren der Lagerstätte Schneeberg
Bereiche abweichender Paragenesen:
1
JAMESONIT
ARSENKIES
PYRIT
GRAPHIT
2
ZINKBLENDE
PYRIT
GRAPHIT
relativ vorherrschend
relativ untergeordnet
alte Strecken
neue Auffahrungen
0
500m
H.PAGEL 1975

2) Mit der Fortsetzung der Vererzung auf dem 2.000 m-Niveau nach Osten (Revier NE, 2.000 m; Revier Veit, 2.000 m; Revier Homan, 2.169 m) beginnt eine deutliche Verarmung der Erzmineralparagenese, die auch in der Mineralisation des Pflerschtals sichtbar wird.

3) Die stabile Erzparagenese Ilmenit, Magnetit und Pyrit ist kennzeichnend für die gesamte Lagerstätte. Das Auftreten von Magnetit und Pyrit in der Paragenese Fe-reicher Erze zeigt aber in den einzelnen Revieren eine unterschiedliche Beteiligung. Im Alten Lager ist das Auftreten von Magnetit neben Magnetkies fast die Regel, wogegen im Revier SW (2.060 m) und SW (2.000 m) Magnetit stark zurücktritt. Im Revier Veit II (2.000 m) fehlt Magnetit, hier kommt Pyrit vor. Demgegenüber sind im Pflerschtal sowohl Magnetit als auch Pyrit in Fe-reichen Erzen vertreten, wie die Aufstellung nochmals zeigt:

Altes Lager:	ZnS, FeS + Fe_3O_4
Revier SW (2.060 m u. 2.000 m):	ZnS, FeS + (Fe_3O_4, FeS_2)
Revier Veit II (2.000 m):	ZnS, FeS + FeS_2
Pflerschtal:	ZnS, FeS + Fe_3O_4, FeS_2

4) Auf dem 2.000 m-Niveau konnte festgestellt werden, daß Bleiglanz am Aufbau der Vererzung ab Revier Veit (2.000 m) gegen NE kontinuierlich zurückgeht, wobei im Revier Veit I (2.000 m) nur noch ein Teil der im Bleiglanz vorkommenden Sulphosalze auftreten, die dann im Revier Veit II (2.000 m) völlig fehlen.

5) Das unterschiedliche Auftreten von Graphit wurde in Kap. 4.12 ausführlich beschrieben. Allgemein kann gesagt werden, daß der Graphitgehalt im Erz und der erzbegleitenden Fazies (insbesondere "filone"-Fazies) eine Zunahme in Richtung Veit-Revier erfährt, wobei ein erhöhter Gehalt an Graphit zusammen mit Pyrit in einer flexurar-

tig aufgebogenen und gestörten Vererzungszone auftritt (Bereich 2, Karte 1; s. Abb.61).

6) Das Auftreten von Jamesonit ist charakteristisch für den Bereich 1 in Karte 1. Jamesonit kommt hier auf der 2.000 m-Sohle in einer bis zu 1 cm mächtigen kompakten und über mehrere Meter durchzuverfolgenden Lage vor. Auf der 2.060 m-Sohle erscheint Jamesonit in diesem Bereich dagegen in der Umrandung von Quarzlinsen. Typische Begleiter sind Arsenkies, Graphit und Pyrit (letzterer mehr in den Zinkblendelagen dieses Bereichs).

Zusammenfassend sei nochmals betont, daß sich in der Lagerstätte Schneeberg Unterschiede in der Zusammensetzung der Erzmineralparagenese ergeben, die besonders auf dem 2.000 m-Niveau im Streichen nach E am deutlichsten sind. Es hat den Anschein, als existiere eine quantitative Trennung bestimmter Erzminerale vom Zentrum der Vererzung (Altes Lager; Revier SW, 2.060 m; Revier SW, 2.000 m) zum Rand der Lagerstätte Schneeberg (Revier Veit, 2.000 m). Im wesentlichen ist der paragenetische Gegensatz zwischen Altem Lager, SW (2.060 m), SW (2.000 m) und Revier Veit (2.000 m) auffallend. Möglicherweise spiegelt sich hier auch ein unterschiedlicher primärer Metallgehalt wieder.

5. ZUR GEOCHEMIE DER SULFIDERZE

5.1 Spurenelementgehalte in Sulfiden

5.11 Meßtechnik

Die geochemischen Analysen wurden mit einem Atom-Absorptions-Spektrophotometer der Firma Perkin-Elmer (Modell 303), das mit dem Anzeige-Gerät DCR-1 (digital concentration readout) und einem Schreiber (Hitachi-Recorder) ausgerüstet war, am Institut für Angewandte Geologie der FU Berlin durchgeführt.

Die Co-Analysen der Zinkblenden wurden mit der Graphitrohrküvette HGA-70 ausgeführt. Hier ist der Luft-Acetylen-Brenner durch eine Graphitrohrküvette ersetzt, die in den Strahlengang des AAS-Gerätes eingebaut werden kann und in der die Probe in einem glühenden Graphitrohr atomisiert wird. Die Analysen wurden nach den Standardbedingungen der Perkin-Elmer-Bedienungsanleitung durchgeführt.

5.2 Magnetkies und Pyrit

5.21 Vorbemerkungen

Das reichliche Vorkommen von Magnetkies in den neuen Aufschlüssen der Lagerstätte Schneeberg erlaubte es, eine größere Anzahl Magnetkiesproben aus allen Revieren auf Kobalt und Nickel zu untersuchen.

Pyrit- und Magnetkiesanalysen, hauptsächlich auf Co und Ni, werden in der Literatur immer wieder herangezogen, um über die metamorphen Bedingungen und über den genetischen Charakter der Lagerstätte etwas aussagen zu können.

Die Beschränkung der Analysen auf die Elemente Co und Ni wurde von den meisten Autoren als ausreichend für geochemische Signifikanz angesehen. Neueste Arbeiten (z. B. GEHRISCH, 1972) analysierten ein größeres Spektrum an Spurenelementen, wodurch die geochemische Aussagekraft noch erhöht wird. Die vorliegenden Untersuchungen mußten aus technischen Gründen jedoch auf die beiden Elemente Co und Ni beschränkt bleiben.

Da neben Magnetkies in der Lagerstätte Schneeberg Pyrit, wenn auch mengenmäßig stark zurücktretend, lokal vorhanden ist, wurden die relativ wenigen Pyritproben zur Co-Ni-Analyse herangezogen, um möglicherweise geochemische Indikationen für metamorphe Umlagerungsprozesse zu erhalten, wie dies von verschiedenen Autoren wiederholt

erörtert wurde.

Zwei Problemkreise können mit Hilfe von Co-Ni-Analysen im Magnetkies behandelt werden:

1) Inwieweit wird das Co/Ni-Verhältnis durch fortschreitende Metamorphose verändert,

2) und inwieweit kann durch Spurenelementanalysen nachgewiesen werden, ob und in welchem Umfang Magnetkies aus Pyrit durch fortschreitende Metamorphose entstanden ist.

Allerdings dürfte die Frage, ob Magnetkies im Zuge einer metamorphen Umwandlung aus Pyrit entstehen kann, anhand der Spurengehalte von nur zwei Elementen, nämlich Co und Ni, schwer zu beantworten sein.

GEHRISCH (1972) konnte z. B. mit Hilfe von Schwefelisotopen- und Spurenelementbestimmungen an Pyriten und Magnetkiesen in der Kieslagerstätte Sulitjelma (Norwegen) keinen Beweis dafür liefern, daß Magnetkies erst durch Metamorphose aus Pyrit entstanden ist. Er vertritt vielmehr die Meinung, daß sich Pyrit und Magnetkies bei der Ablagerung der Sulfide von Sulitjelma schon primär nebeneinander gebildet haben müssen.

Aus dem unterschiedlichen Verhalten von Kobalt und Nickel gegenüber Pyrit und Magnetkies haben sich zumindest für Pyrit eine Reihe von Beobachtungen ableiten lassen, die auf eine Temperaturabhängigkeit der Co- und Ni-Gehalte schließen lassen: in sedimentären nicht metamorphen Pyriten ist der Nickelgehalt größer als der Kobaltgehalt. Mit fortschreitender Metamorphose kehrt sich dieses Verhältnis jedoch um und der Nickelgehalt sinkt unter den Kobaltgehalt.

Einen Abriß der gegenwärtigen Kenntnis der kristallchemischen Beziehungen der Elemente Co und Ni zu Pyrit und Magnetkies gibt GEHRISCH (1972) im Anhang seiner Arbeit.

Die FeS-Phasenbeziehungen wurden eingehend von ARNOLD (1969), YUND & HALL (1969) u. a. studiert. Wenigstens

drei natürlich vorkommende FeS-Phasen können unterschieden werden:

Troilit, stöchiometrisch FeS

niedrig temperierter hexagonaler Magnetkies ("paramagnetisch"), $Fe_{1-x}S$

niedrig temperierter monokliner Magnetkies ("magnetisch"), $Fe_{1-x}S$

Untersuchungen von ARNOLD (1967) haben eine Beziehung zwischen Struktur und Zusammensetzung der Magnetkiese ergeben. Die metallreichste Phase ist der hexagonale Magnetkies, einen Metall-Unterschuss zeigt der monokline Magnetkies. Hexagonal und monoklin aufgebaute Magnetkiese nehmen in ihrer Zusammensetzung eine Zwischenstellung ein. ARNOLD (1967) betont, daß hexagonal und monoklin aufgebauter Magnetkies die am häufigsten vorkommende Varietät ist.

BATT (1972) hat an 65 Magnetkieskörnern eines Erzkörpers aus Sudbury mit der Mikrosonde quantitativ die Verteilung von Ni untersucht, wobei an jedem Korn an vier zufällig ausgesuchten Stellen Punktmessungen vorgenommen wurden. Alle Untersuchungen wurden abseits von Pentlanditentmischungen gemacht. Die Ergebnisse zeigten "hohe" Ni-Gehalte (bis 1,2 Gew. %) an 16 Körnern, "niedrige" Ni-Gehalte (0,24 - 0,4 Gew. %) an 20 Körnern und 29 Körner hatten sowohl "hohe" als auch "niedrige" Ni-Gehalte. Detailuntersuchungen mit der Mikrosonde an einem Magnetkieskorn ergaben eine deutliche Beziehung zwischen Strukturform, magnetischer Suszeptibilität und Ni-Gehalt im Magnetkies. Der magnetische monokline Magnetkies enthält zwischen 0,4 - 0,5 Gew. % Ni, die hexagonale paramagnetische Phase enthält 0,8 - 0,9 Gew. % Ni. Nach BATT kann man also zwei FeS-Modifikationen mit unterschiedlichem Ni-Gehalt unterscheiden.

Am Magnetkies aus Schneeberg haben Anätzversuche ergeben, daß die hexagonale Phase vorherrschend ist. Lediglich im Revier Veit (2.000 m) scheinen hexagonale und monokline Phase in gleichen Anteilen aufzutreten. Untersuchungen mit der Mikrosonde über die Verteilung von Co und Ni im Schneeberger Magnetkies sind in Vorbereitung.

5.22 Probenahme, Art der Proben

Von den Lagerstätten Schneeberg und Pflersch kamen insgesamt 65 Magnetkiesproben und 5 Pyritproben zur Untersuchung. Eine Zusammenstellung der Probenzahl für die einzelnen Reviere gibt Tab. 4.

Lokalität	Probenzahl Magnetkies	Probenzahl Pyrit
Altes Lager	7	1
Revier SW, 2.120 m	1	-
Revier SW, 2.060 m	14	2
Revier SW, 2.000 m	16	-
Revier NE, 2.000 m	6	-
Revier Veit, 2.000 m	11	1
Revier Homan, 2.169 m	2	-
Pflerschtal	8	1

Tab. 4

In den Neuaufschlüssen der Lagerstätte wurden alle sichtbaren Magnetkieslagen sowie Magnetkiese, die eindeutig als mobilisiert erkannt wurden, beprobt. Im Bereich des Alten Lagers war das Auffinden von Magnetkies auf Grund der eingeschränkten Befahrungsmöglichkeiten und der starken Verschmutzung der Stollen nur auf "Zufallstreffer" angelegt. Die Ausbildung dieser Magnetkiese ist nicht unbedingt mit denen der Neuaufschlüsse vergleichbar. Es handelt sich hier meistens um eingesprenkelten Magnetkies in der "filone"-Fazies.

Ähnlich mächtige und weiter aushaltende Lagen wie in den Neuaufschlüssen konnten nicht gefunden werden, sind aber nach den Beschreibungen früherer Bearbeiter vorhanden.

Die Mächtigkeiten der Magnetkieslagen liegen im Revier SW (2.000 m), NE (2.000 m) und SW (2.060 m) im Durchschnitt bei 3 - 4 cm, max. erreichen sie 7 cm. Im Gegensatz dazu erreichen die Mächtigkeiten im Revier Veit (2.000 m) im Durchschnitt 10 cm.

Magnetkies ist am Aufbau des Erzkörpers im Revier SW (2.060 m), SW (2.000 m) und NE (2.000 m) nur untergeordnet beteiligt. Im Revier Veit (2.000 m) werden die Magnetkieslagen mächtiger und bestimmen dort z. T. das Bild der Vererzung. Eindeutig mobilisierter Magnetkies bildet in Quarzknauern oder in der "filone"-Fazies derbe Massen und Nester. Makroskopisch ist Pyrit in den Magnetkieslagen nicht wahrnehmbar. Mikroskopisch wurden vereinzelt korrodierte Pyritkristalle oder Reste von Magnetkies aufgelöster Pyrite beobachtet (Abb. 16).

Auf das seltene Auftreten von Pyrit wurde schon in Kap. 4.12 hingewiesen. Dünnmächtige, auf kurze Erstreckung aushaltende sf-konkordante Pyritlagen konnten nur an zwei Stellen im Revier SW (2.060 m) beobachtet werden (Abb. 8). Im Alten Lager und im Pflerschtal wurde Pyrit je einmal in gleichmäßiger Verteilung in der erzbegleitenden Fazies gefunden. Im Revier Veit (2.000 m) handelt es sich um Pyritkristalle auf einer offenen Kluft.

5.23 Aufbereitung der Proben

Die Magnetkies- und Pyritproben wurden gebrochen und die Fraktion 0,125/0,200 mm abgesiebt. Die Abtrennung einer magnetkiesreichen Fraktion erfolgte zuerst mit einem Frantz Laboratory Dry Magnetic Separator. Darauf folgte eine mehrmalige Reinigung dieser Fraktion mit einem Handmagneten bis zur reinen Magnetkiesfraktion.

Die Abtrennung des Pyrits wurde mit einem Mikropanner durchgeführt. Eine Pyritprobe wurde unter dem Binokular ausgelesen.

Die Reinheit der Proben wurde unter dem Binokular kontrolliert, und eine größere Anzahl von Proben wurden im Anschliff auf eventuelle Verwachsungen untersucht. Die Magnetkiese zeigten z. T. Verwachsungen mit Nebengestein sowie unbedeutende, oft sehr feinkörnige Verwachsungen mit Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz.

Besonders sorgfältig wurde das Auftreten von Co-Ni-Mineralen in den Magnetkieskonzentraten untersucht. In keinem der Anschliffpräparate, auch nicht in denen jener Proben mit höherem Co- oder Ni-Gehalten, sind derartige Minerale gefunden worden.

5.24 Literaturangaben über Co- und Ni-Analysen von Magnetkies und Pyrit anderer Lagerstätten

Von besonderem Interesse bei der Deutung der Untersuchungen von Magnetkies haben sich die Arbeiten von ROST (1939), HEGEMANN (1941, 1943) und besonders von CAMBEL & JARKOVSKY (1966, 1970) erwiesen.

Systematische Spurenelement-Untersuchungen an Sulfiden von europäischen Kieslagerstätten wurden umfassend zuerst von HEGEMANN (1941, 1943) durchgeführt. Seine Untersuchungen galten hauptsächlich Co- und Ni-Gehalten in Pyriten. Die geochemischen Ergebnisse haben dazu beigetragen, die Genese und den Grad der Metamorphose von sedimentären Kieslagerstätten zu erklären sowie das unterschiedliche Verhalten von Kobalt und Nickel gegenüber Pyrit und Magnetkies herausgestellt.

Eine umfassende statistische Auswertung der Co- und Ni-Gehalte in Magnetkiesen einer großen Anzahl von genetisch unterschiedlich entstandenen Lagerstätten wurde von CAMBEL & JARKOVSKY (1970) durchgeführt. Berücksichtigung fanden hier u. a. die Arbeiten von ROST (1939), HEGEMANN (1943), GAVELIN & GABRIELSON (1947), BJØRLYKKE & JARP (1950), FRYKLUND & HARNER (1955) und ARNOLD, COLEMAN & FRYKLUND (1962) sowie umfangreiches geochemisches Datenmaterial von Magnetkiesen der Autoren selbst.

Die Untersuchungen von CAMBEL & JARKOVSKY (1970) ergaben, daß bei hydrothermal gebildeten Magnetkiesen die arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten von Co und Ni keine sehr großen

Differenzen zwischen beiden Elementen zeigen, wogegen syngenetische Magnetkiese in ihren Co- und Ni-Werten deutliche Unterschiede aufweisen. Als Beispiel ist in Abb. 43 die graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte von Co und Ni nach CAMBEL & JARKOVSKY (1970 : 47) dargestellt. Als charakteristische Ni- und Co-Gehalte für syngenetisch gebildeten Magnetkies hat sich die Gruppe VII mit

Ni = 580 ppm
Co = 292 ppm

und für hydrothermal gebildeten Magnetkies die Gruppe XII mit

Ni = 267 ppm
Co = 289 ppm

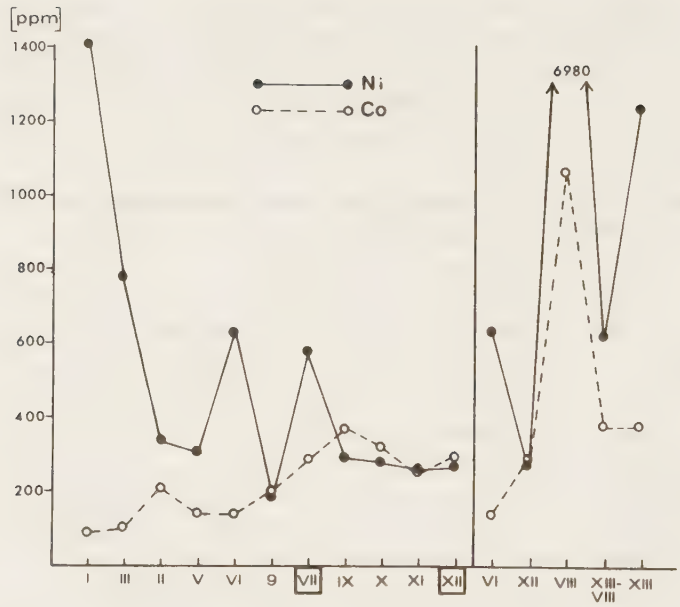
herausgestellt.

Das Maximum des isomorphen Einbaus von Ni in Magnetkies liegt nach HEGEMANN (1941) etwas unter 1 %. NILSEN & MUKHERJEE (1972) geben dagegen für 2 Proben die obere Grenze für Ni mit ca. 1 % und 1,2 % an. Für Co bestimmte HEGEMANN (1941) die obere Grenze des isomorphen Einbaus mit ca. 0,65 % an. Für sehr viel höhere Gehalte an Ni oder Co in Magnetkiesen werden meistens Verwachsungen mit Co- und Ni-Mineralen verantwortlich gemacht, wie z. B. Pentlandit im Magnetkies von Sudbury.

Die oben erwähnte Tatsache, daß sich Co und Ni unterschiedlich gegenüber Pyrit und Magnetkies verhalten, wurde von ROST (1939) und HEGEMANN (1943) festgestellt und wird auch in der neueren Literatur u. a. von GEHRISCH (1972) und NILSEN & MUKHERJEE (1972) hervorgehoben, wobei allgemein gilt:

Co : FeS_2 > FeS > $CuFeS_2$
Ni : FeS > FeS_2 > $CuFeS_2$ oder
FeS > $CuFeS_2$ > FeS_2

Co besitzt eine ausgeprägte Affinität zu Pyrit, Ni dagegen zu Magnetkies, wobei die Anreicherung von Ni



I	FeS-syngenet.-sed., hochmetamorph (Male Karpaty Mts. und Helpa, CSSR)
II	FeS aus Lagerst. der "Pyrit-Formation", weniger metamorph (CSSR, Bodenmais)
III	FeS-syngenet.-sed., hochmetamorph (CSSR, Passauer Wald, Bodenmais)
V	FeS-syngenet.-sed., ohne FeS von extrem hochmetamorphen Lokalitäten
VI	Alle Werte von syngenet.-sed. Magnetkiesen unterschiedlicher metamorpher Entstehung
9	FeS vom Skellefte-Feld (Schweden)
VII	wie VI und FeS vom Skellefte-Feld
VIII	FeS-liquid-mag. und FeS als Akzessorien in magmatischen Gesteinen
IX	FeS-hydroth. (vulkanisch) - CSSR
X	FeS-hydroth. (vulkanisch) und FeS von Skarnen - CSSR
XI	FeS-hydroth. (vulkanisch) und hydroth. (subvulkanisch) - außerhalb der CSSR
XII	Alle Werte von hydroth. (vulkanisch) und hydroth. (subvulkanisch) Magnetkiesen der CSSR und außerhalb
XIII	Alle FeS-Werte
XIII-VIII	Alle FeS-Werte ohne liquid-mag. FeS und akzess. FeS in magmatischen Gesteinen

Abb. 43: Graphische Darstellung der arithmetischen Mittelwerte von Ni und Co der zu Gruppen zusammengefaßten Magnetkiese. Übernommen nach CAMBEL & JARKOVSKY (1970)

Abb. 44: Co- und Ni-Verteilung in Erzen der Kvikne-Gruben (Norwegen), zusammengestellt und gezeichnet nach Daten aus NILSEN & MUKHERJEE (1972)

a: Verteilung von Co und Ni in Magnetkies, Pyrit und Kupferkies in den verschiedenen Erztypen

b: Co- und Ni-Verteilung in Pyrit und Magnetkies des jeweils gleichen Probestückes aus Pyrit/Kupferkies-Erz

durchaus Schwankungen unterworfen sein kann.

Als Beispiel sind die Co- und Ni-Werte von Pyrit, Magnetkies und Kupferkies aus der Arbeit von NILSEN & MUKHERJEE (1972) graphisch dargestellt worden (Abb. 44 a/b). In beiden Diagrammen ist die oben angegebene Reihenfolge ersichtlich. Abb. 44 a zeigt weiterhin, daß feinkörnige Pyrite wesentlich geringere Co-Gehalte aufweisen als grob- bis mittelkörnige, worauf auch HEGEMANN (1943) schon hingewiesen hat.

5.25 Co- und Ni-Analysen von Magnetkies aus den Lagerstättenbezirken Schneeberg und Pflersch

Die Ergebnisse der Co- und Ni-Analysen aus den einzelnen Revieren der Neuaufschlüsse, sowie Vergleichsproben aus dem Alten Lager und dem Pflerschtal sind in Abb. 45 dargestellt. Die Magnetkiese aus den einzelnen Revieren der Neuaufschlüsse sind hier jeweils von W nach E aufgetragen. Somit ergab sich die Möglichkeit, in der Lagerstätte über eine streichende Länge von 4 km (Revier SW, 2.000 m, bis Revier Veit/Homan) das Verhalten von Co und Ni im Magnetkies zu verfolgen.

Abb. 46 und 47 zeigen die Mittelwerte von Co und Ni sowie das Co/Ni-Verhältnis zusammen mit den Vertrauensgrenzen[1].

In Tab. 5 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen, Vertrauensgrenzen , Korrelationskoeffizienten und Variationskoeffizienten der Co- und Ni-Werte aus den einzelnen Revieren zusammengestellt.

Bei der Betrachtung von Abb. 45 wird augenscheinlich, daß die Ni-Gehalte im Magnetkies generell höher liegen als die Co-Gehalte. Zwei Bereiche fallen heraus, in denen die Ni-Gehalte der Magnetkiese z. T. beträchtlich

---

[1] Diese Vertrauensgrenzen besagen, daß mit 95 % Sicherheit der Mittelwert innerhalb des angegebenen Intervalls liegt.

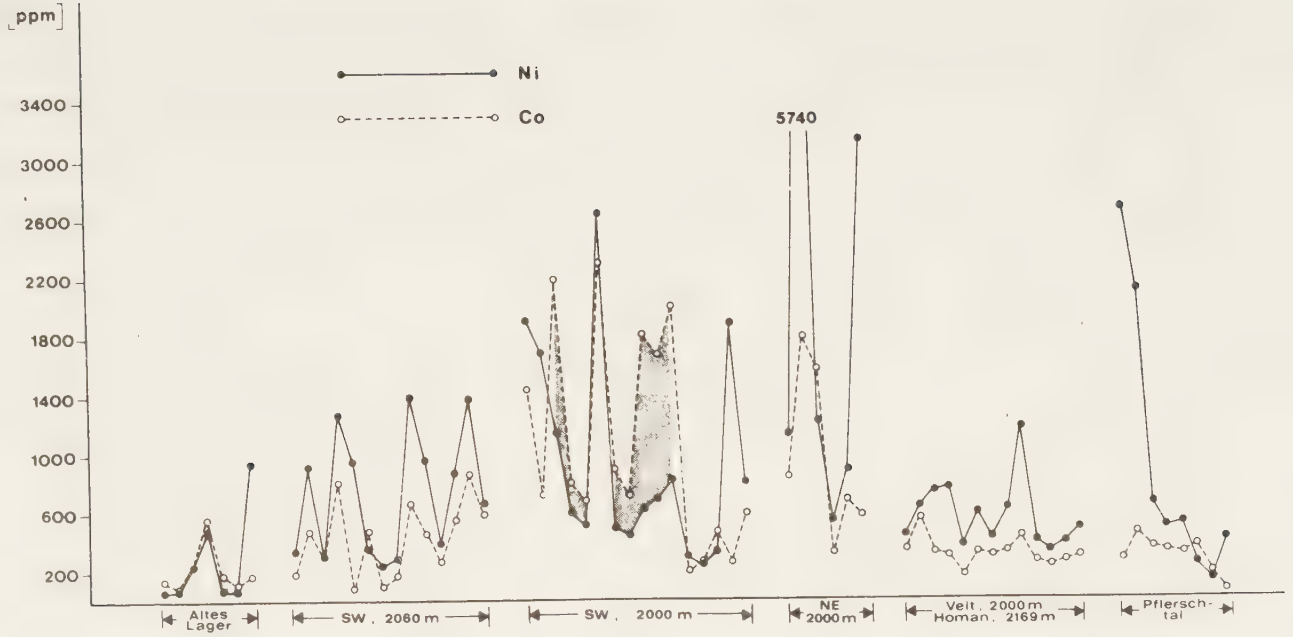


Abb. 45: Graphische Darstellung der Co- und Ni-Gehalte im Magnetkies aus den einzelnen Lagerstättenrevieren. Die dunkel angelegten Flächen zeigen im Alten Lager und im Revier SW (2.000 m) Magnetkiese an, in denen der Ni-Gehalt geringer ist als der Co-Gehalt

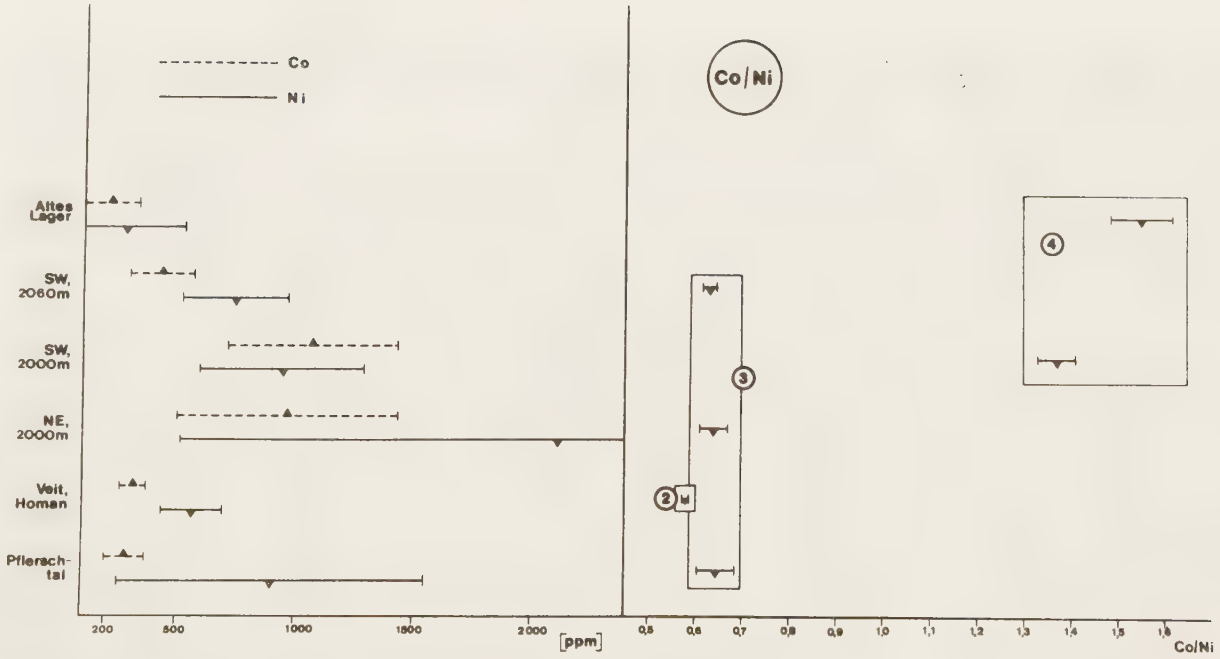


Abb. 46: Mittelwerte und Vertrauensgrenzen aus den einzelnen Lagerstättenrevieren

Abb. 47: Mittelwerte und Vertrauensgrenzen der Co/Ni-Verhältnisse aus den einzelnen Revieren. Numerierung der Gruppen entspricht auch Einteilung auf S.107. In Gruppe 4 dieser Abb. sind im Gegensatz zur Gruppe 4 auf S.107 alle Werte aus dem Alten Lager sowie dem Revier SW (2.000 m) be -

unter den Co-Gehalten liegen. Im Alten Lager liegen die Gehalte ziemlich dicht beieinander - mit gering höheren Co-Gehalten. Dazu muß allerdings nochmals betont werden, daß aus diesem Lagerstättenteil keine repräsentative Probenzahl genommen werden konnte. Auch im Revier SW (2.000 m) haben 10 von 16 Magnetkiesen deutlich niedrigere Ni-Gehalte. In den anderen Revieren, außer im Revier Veit/Homan, treten nur vereinzelt Analysen mit Ni < Co auf.

Weiterhin fallen die relativ konstanten Gehalte an Co und Ni im Revier Veit/Homan auf, wobei die Co-Gehalte immer niedriger als die Ni-Gehalte sind. Die Durchschnitts-Gehalte im Revier Veit/Homan

$$\overline{Co}_x = 310 \text{ ppm}$$

$$\overline{Ni}_x = 560 \text{ ppm}$$

erlauben es deshalb, dieses Revier geochemisch von der Hauptvererzung (Revier SW, 2.000 m; Revier SW, 2.060 m; Revier NE, 2.000) abzugrenzen. Die Tatsache, daß in Schneeberg die Vererzungsmächtigkeit ab Revier Veit/Homan nach E bis ins Lazzachertal kontinuierlich abnimmt und die Vererzung dort auch ihr natürliches Ende findet (KLIX, 1974), läßt vermuten, daß wir mit diesem Bereich der Vererzung (Veit/Homan) an den "primären Rand" der Lagerstätte Schneeberg kommen. Hierauf wird später (S. 109) ausführlicher eingegangen.

Bei der Betrachtung der Co-Mittelwerte in Abb. 46 ist erkennbar, daß die Gehalte vom Alten Lager zum Revier SW (2.000 m) ansteigen. Der Ni-Gehalt steigt ebenfalls an, bleibt aber im Revier SW (2.000 m) unter den Co-Gehalten. Der höhere Co-Gehalt wäre geochemisch zu erklären, wenn man annimmt, daß primär Pyritlagen vorhanden waren, die sich bei der fortschreitenden Metamorphose in Magnetkies umgewandelt haben. Dies könnte für die Schneeberger Vererzung bedeuten, daß sich in

Teilen der Lagerstätte primär Pyrit und primär Magnetkies gebildet haben. Abb. 45 zeigt diese Bereiche durch dunkel angelegte Flächen. Wenn sich Magnetkies schon primär ohne Pyrit gebildet hätte, wäre ein Co-Überschuß nur bei einem lokal erhöhten Co-Angebot erklärbar. Die Analysen zeigen aber, daß die Ni-Gehalte im Magnetkies in Schneeberg und im Pflerschtal generell höher liegen.

Eine zusätzliche Bestätigung dafür bietet sich an, wenn man die in Kap. 5.251 behandelten mobilisierten Magnetkiese in die Betrachtung miteinbezieht. An diesen Magnetkiesen kann gezeigt werden, daß eine geringfügige Verarmung an Co und Ni eingetreten ist, wobei der Ni-Gehalt dieser Magnetkiese mit den Gehalten aus dem Revier Veit/Homan, die schon primär geringere Gehalte aufweisen, verglichen werden kann und mit den Ni-Gehalten der Magnetkiese aus dem Revier SW (2.000 m), bei denen Ni < Co ist, gut übereinstimmen:

Mobilisierte Magnetkiese (1 Extremwert wurde nicht berücksichtigt, s. S.112)	$\bar{x}_{Ni}$ = 585 ppm
Revier Veit/Homan	$\bar{x}_{Ni}$ = 560 ppm
Revier SW, 2.000 m FeS : Ni < Co	$\bar{x}_{Ni}$ = 585 ppm

Aus dieser Gegenüberstellung könnte man andererseits für das Revier SW (2.000 m) auch vermuten, daß die Mobilisierbarkeit des Nickels in Teilen dieses Lagerstättenbereichs größer gewesen ist als anderswo. Wie weiter unten dargelegt wird, kann diese Vorstellung jedoch mit aller Wahrscheinlichkeit vernachlässigt werden.

Betrachtet man über die absoluten Gehalte bzw. die Mittelwerte hinaus die Co/Ni-Verhältnisse, so sind für die einzelnen Reviere klare Gruppen unterscheidbar. Die graphische Darstellung in Abb. 47 zeigt deutlich, daß

die Reviere SW (2.060 m), NE (2.000 m) und Pflerschtal übereinanderliegen. Nur die Reviere Veit/Homan fallen mit geringerem Mittelwert klar heraus. Im Gegensatz dazu ergibt sich für die Reviere Altes Lager und SW (2.000 m) eine deutliche Umkehr des Co/Ni-Verhältnisses, wie bereits aus Abb. 45 ersichtlich wurde.

Für die nachfolgende Tabelle wurden aus den Revieren Altes Lager und SW (2.000 m) nur jene Magnetkiese herausgenommen und unter Gruppe 4 zusammengefaßt, bei denen Co > Ni ist. In der ersten Gruppe dieser Aufstellung wurden die mobilisierten Magnetkiesaggregate zusammengefaßt und der Mittelwert des Co/Ni-Verhältnisses gebildet:

		Probenzahl	
1)	Mobilisierte Magnetkiese	7	Co/Ni = 0,54
2)	Magnetkiese aus den Revieren Veit/Homan	13	Co/Ni = 0,58
3)	Charakteristisches Co/Ni-Verhältnis im Lagerstättenbezirk Schneeberg/Pflersch (SW, 2.060 m; NE, 2.000 m; Pflerschtal)	28	Co/Ni = 0,64
4)	Magnetkies mit Ni-Unterschuß (Magnetkies aus Pyrit?)	15	Co/Ni = 1,85

Aus dieser Gegenüberstellung geht zunächst hervor, daß Magnetkies im Lagerstättenbezirk Schneeberg/Pflersch ein charakteristisches Co/Ni-Verhältnis von 0,64 hat.

Ein Co/Ni-Verhältnis > 1 besagt, daß hier entweder eine verstärkte Mobilisation von Nickel eingetreten ist (die wenigen Daten aus dem Alten Lager haben hier kein Gewicht) oder daß sich bei der fortschreitenden Metamorphose Pyrit in Magnetkies umgewandelt hat. Für den ersten Fall könnte die leichtere Mobilisierbarkeit von Nickel

Lokalität	Proben-zahl	Element	arith. Mittel (ppm)	Standard-abweichung	Vertrauens-grenze	Korrelations-koeffizient	Variations-koeffizient
Altes Lager	7	Co Ni Co/Ni	212 274 1,49	161 333 0,89	120 247 0,66	0,35725	70 112
SW, 2.060 m	14	Co Ni Co/Ni	427 741 0,63	258 429 0,30	135 225 0,16	0,74770	58 56
SW, 2.000 m	16	Co Ni Co/Ni	1069 943 1,37	740 716 0,80	363 351 0,39	0,41445	67 74
NE, 2.000 m	6	Co Ni Co/Ni	965 2113 0,64	588 1999 0,39	473 1606 0,31	0,60268	56 86
Veit, Homan	13	Co Ni Co/Ni	310 560 0,58	101 234 0,16	55 127 0,09	0,54487	31 40
Pflerschtal	8	Co Ni Co/Ni	283 905 0,64	124 937 0,56	86 651 0,39	0,32395	41 97
Alle Werte	64	Co Ni Co/Ni	573 853 0,90	548 900 0,67		0,47494	95 105

Tab. 5

gegenüber Kobalt sprechen. Aus den erstmals in Schneeberg in Kap. 4.12 beschriebenen reliktisch erhaltenen Pyritlagen läßt sich aber mit größerer Wahrscheinlichkeit ableiten, daß ein Teil der Magnetkieslagen aus Pyrit entstanden ist.

Die anfangs erwähnte Tatsache, daß die Reviere Veit/Homan im Gegensatz zur Hauptvererzung (Altes Lager bis Revier NE, 2.000 m) durch die konstanten und deutlich geringeren Gehalte an Co und Ni im Magnetkies gekennzeichnet sind, läßt vermuten, daß dieser Bereich der Vererzung den "primären Rand" der Lagerstätte Schneeberg darstellen könnte. Der geochemische Trend innerhalb der gesamten Lagerstätte (Abb. 46), verbunden mit den obertägigen Beobachtungen von KLIX (1974), wonach die Vererzung ab Revier Veit/Homan nach E kontinuierlich abnimmt, könnte ein weiteres Indiz dafür darstellen.

Die Zahl von 50 Analysen, die aus den Neuauffahrungen zur Auswertung kamen, macht wahrscheinlich, daß ein geochemischer Trend erfaßt wurde. Das Verteilungsmuster von Co und Ni könnte durch eine primär paläogeographische Differenzierung oder durch das Sedimentationsmilieu bedingt sein, wobei eine spätere Spurenelementverschiebung im Zuge der metamorphen Überprägung mitberücksichtigt werden muß. Eine weitergehende Erklärung dieses Phänomens ist vorerst nicht möglich.

5.251 Mobilisierte Magnetkiese

Da die Frage interessierte, ob auch solche Magnetkiese, die schon im Anstehenden als "Mobilisate" erkennbar sind, sich in ihrem Spurenelementgehalt von den lagigen metamorphen Massen unterscheiden, wurde dieser Gruppe besonderes Augenmerk gewidmet. Vorkommen dieser Sondergruppe sind nicht häufig. Wie die nachstehende Tab. 6 zeigt, handelt es sich um 7 Proben, die mit Sicherheit

als Mobilisate visuell ausgeschieden werden konnten. Sie konnten im Anstehenden schon deshalb von den anderen Magnetkiesen unterschieden werden, weil sie als derbe, max. faustgroße Massen in Quarzmobilisaten oder in der "filone"-Fazies in m-Distanz von den lagigen Magnetkiesen entfernt auftraten.

Mobilisierte Magnetkiese

Lokalität	Co (ppm)	Ni (ppm)	Co/Ni
SW, 2.060 m	178	337	0,52
SW, 2.060 m	478	922	0,52
SW, 2.060 m	665	1400	0,47
Veit, 2.000 m	319	609	0,52
Fuchsbau/Pflerschtal	345	649	0,53
Fuchsbau/Pflerschtal	322	491	0,65
Fuchsbau/Pflerschtal	300	506	0,59

Tab. 6 : Co/Ni-Analysen mobilisierter Magnetkiese

Die Analysen dieser Gruppe zeigen, daß Kobalt und Nickel eine geringfügige Verarmung gegenüber nicht mobilisierten Magnetkiesen aufweisen. Die Analysen deuten auch bei mobilisierten Magnetkiesen auf die ausgesprochene Affinität des Nickels zu Magnetkies hin. Von den absoluten Gehalten her könnten die mobilisierten Magnetkiese noch am ehesten mit den Magnetkiesen aus dem Revier Veit/Homan verglichen werden (bei der Mittelwertbildung wurde 1 Extremwert nicht berücksichtigt, s. S.112):

Revier Veit/Homan	$\bar{x}_{Co}$	= 310 ppm
	$\bar{x}_{Ni}$	= 560 ppm
Mobilisierte Magnetkiese	$\bar{x}_{Co}$	= 323 ppm
	$\bar{x}_{Ni}$	= 585 ppm

Durch die Mobilisation von Magnetkies wurden die korrelativen Beziehungen zwischen Co und Ni nicht gestört sondern vielmehr durch die Umlagerung verstärkt (Abb. 48). Nach allen texturellen Ergebnissen fällt die Mobilisation dieses Types von Magnetkies offensichtlich mit der Hauptdeformation zusammen.

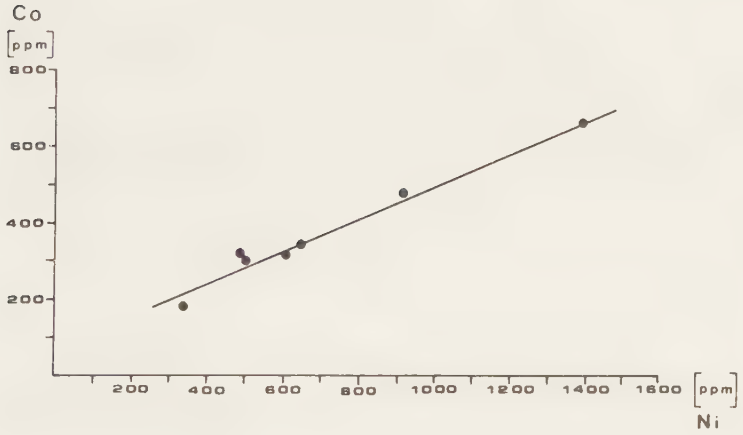


Abb. 48: Regressionsgerade für Co und Ni-Gehalt in mobilisierten Magnetkiesen

In einer zweiten Mobilisationsphase ist Magnetkies, wie an einer Stelle im Revier SW (2.060 m) beobachtet, als tapetenartiger Belag auf offenen Klüften abgesetzt worden. Die Co-Ni-Analyse dieses Magnetkieses zeigt, daß hier eine deutliche Verarmung an Co eingetreten ist, wogegen der Ni-Gehalt unverändert blieb. Diese Analyse unterstreicht die Affinität des Nickels zum Magnetkies in besonderem Maße.

Kluftmagnetkies

Lokalität	Co (ppm)	Ni (ppm)	Co/Ni
SW, 2.060 m	67	964	0,069

Ein ähnliches Ergebnis zeigt die Analyse eines Pyritvorkommens in analoger paragenetischer Position (s. S.113).

Im Revier SW (2.060 m) konnten an einer Stelle im m-Bereich die verschiedenen Generationen des Magnetkieses beobachtet werden. Im Aufschlußbild waren dünnlagige Magnetkiesbänder, derber mobilisierter Magnetkies und auf Klüfte mobilisierter Magnetkies zu erkennen. Dieser Aufschluß ist durch eine ungewöhnlich intensive mechanische Überprägung gekennzeichnet. Hierdurch dürfte der lokale Stoffumsatz besonders gefördert worden sein. Die Werte sind in Tab. 7 noch einmal gesondert zusammengefaßt. In engem Zusammenhang mit lagigem Magnetkies kommen

Revier SW, 2.060 m	Co (ppm)	Ni (ppm)	Co/Ni
Lagiger Magnetkies (2 Proben)	167 97	283 234	0,59 0,41
Mobilisierter Magnetkies	665	1400	0,47
Kluftmagnetkies	67	964	0,069
Lagiger Pyrit, durchsetzt mit Magnetkies	Py 94	126	0,74
	Mk 48	152	0,31

Tab. 7

dünne Pyritlagen, fein durchsetzt mit Magnetkies vor. Die Analyse zeigt (Tab. 7), daß sich Co verstärkt im

Pyrit angereichert hat, die größere Menge an Ni ist wahrscheinlich durch das erhöhte Ni-Angebot aus der Umgebung zu erklären. Auffallend ist auch, daß die beiden mobilisierten Magnetkies-Generationen den höchsten Ni-Gehalt aufweisen. Hier ist offenbar das bei der intensiven Durchbewegung freigewordene Nickel bevorzugt in die mobilisierte Magnetkiesphase eingebaut worden.

5.252 Pyrit

Die wenigen Pyritproben, die in der Lagerstätte Schneeberg und im Pflerschtal gefunden werden konnten, lassen keine eindeutige Interpretation der Analysendaten zu, da sie im Verhältnis zu den starken Schwankungen der Werte zahlenmäßig unterrepräsentiert sind. Die wenigen Daten sollen der Vollständigkeit halber aufgeführt werden (Tab. 8).

Pyrite

Lokalität	Co (ppm)	Ni (ppm)	Co/Ni
Altes Lager	789	367	2,14
SW, 2.060 m SW, 2.060 m	215 94	16432 126	0,013 0,74
Veit, 2.000 m	77	45	1,71
Fuchsbau, Pflerschtal	390	17032	0,02

Tab. 8: Co- und Ni-Analysen von Pyrit

In Sulitjelma (Norwegen) konnte GEHRISCH (1972) an mobilisierten Pyriten zeigen, daß diese außerordentlich arm an Spurenelementen sind, wobei lediglich der Ni-gehalt den nicht mobilisierten Pyriten gegenüber keine sehr großen Unterschiede aufweist.

Eine analoge Deutung erlaubt vielleicht eine Pyritanalyse aus Schneeberg, die ebenfalls in die zweite Phase

der Mobilisation einzuordnen ist. Es handelt sich hier um Pyritkristalle auf einer offenen Kluft im Revier Veit. Die Co- und Ni-Werte liegen doch deutlich unter den Werten der wenigen anderen Pyrite.

Regionalmetamorph überprägte Pyrite weisen in der Regel beträchtlich höhere Co- als Ni-Gehalte auf. So stellt z. B. GEHRISCH (1972 : 78) fest, daß der verstärkte Einbau von Co in solchen Erzen, in denen neben Pyrit auch viel Magnetkies vorhanden ist, auf den Umstand zurückgeführt werden kann, "daß das schon ursprünglich vorhandene Kobalt nicht in den Magnetkies eingebaut werden konnte und sich so verstärkt im Pyrit anreichern mußte". GEHRISCH widerspricht hier der Ansicht von HEGEMANN (1943), nach der sich Kobalt generell um so stärker im Pyrit anreichert, je höher metamorph das Erz ist. Nur in stark Co-haltigem Nebengestein nimmt GEHRISCH eine metamorph bedingte Co-Anreicherung durch Übernahme eines Teils des Co-Gehaltes an. Co-Gehalte im Pyrit-Derberz aus Sulitjelma/Norwegen liegen zwischen 316 - 2.402 ppm, die Ni-Gehalte zwischen 7 und 46 ppm. Pyrite mit erhöhten Ni-Gehalten (und Ti-Gehalten) werden dort als akzessorische primäre Bestandteile metamorpher Amphibolite gedeutet, wobei die Ni- und Ti-Gehalte dieser Pyrite den hohen Ni- und Ti-Gehalt der Amphibolite widerspiegeln. Die Ni-Gehalte dieser Pyrite erreichen in Sulitjelma Werte über 200 ppm.

In Schneeberg und im Pflerschtal zeigen je eine Pyritanalyse ungewöhnlich hohe Ni-Gehalte (1,6 % und 1,7 %), die wahrscheinlich nur dadurch zu erklären sind, daß Ni-Minerale in feinster Verteilung im Pyrit auftreten.

5.3 Zinkblende

5.31 Vorbemerkungen

Die AAS-Analysen der Zinkblenden wurden auf die Bestimmung der Elemente Co, Fe, Mn und Cd beschränkt. Die Bestimmung der für Zinkblende ebenfalls interessierenden Spurenelemente Ga, In, Tl und Ge mußten aus technischen Gründen unterbleiben. Eine Auswahl der jetzt zur Untersuchung genommenen Proben wird nach Abschluß der Arbeit noch massenspektrometrisch auf ein größeres Spurenelementspektrum hin untersucht. Die Ergebnisse werden in

einer späteren Arbeit veröffentlicht.

5.32 Probenahme, Art der Proben

Das für die Spurenelementuntersuchungen an Zinkblenden beprobte Gebiet umfaßte das alte Grubengebäude, die Neuauffahrungen sowie das Lagerstättenrevier Pflerschtal. Im alten Grubengebäude wurde keine systematische Beprobung mehr durchgeführt sondern nur noch Vergleichsproben entnommen. Im Pflerschtal wurde die Probenahme ebenfalls auf eine Reihe von Vergleichsproben beschränkt, und zwar auf den Fuchsstollen (4 Proben) und auf einige Erzausbisse (7 Proben).

Lokalität	Gesamt-Proben-zahl	Grob-körnige ZnS	Dichte, feinkör-nige ZnS	Grobe und feinkör-nige ZnS-Verwach-sung
Altes Lager	13	10	1	2
Revier SW 2.120 m	1	1	-	-
Revier SW 2.060 m	18	12	1	5
Revier SW 2.000 m	34	25	4	5
Revier NE 2.000 m	24	19	2	3
Revier Veit 2.000 m	26	18	5	3
Revier Homan 2.169 m	3	3	-	-
Pflerschtal	11	8	2	1

Tab. 9

Insgesamt kamen 130 Zinkblendeproben zur Untersuchung. Unterschieden wurde die Ausbildung der Zinkblenden in Bezug auf ihre Körnigkeit, wobei 96 ZnS-Proben grobkörnig (Einzelkristalle 2,0 - 5,0 mm) und 15 ZnS-Proben dicht, feinkristallin (< 0,1 mm) ausgebildet waren. 19 Proben entstammen einem Mischtypus enger Verwachsung grobkörniger und feinkristalliner Zinkblende. Eine Zusammenstellung der Anzahl der ZnS-Proben für die einzelnen Reviere sowie die Art der Ausbildung gibt Tab. 9.

In den 130 ZnS-Proben sind 71 Einzelproben enthalten, 59 Proben verteilen sich auf Profile, bei denen jeweils mehrere ZnS-Lagen gesondert beprobt wurden:

5 Profile im Revier SW, 2.060 m
9 Profile im Revier SW, 2.000 m
6 Profile im Revier NE, 2.000 m und
2 Profile im Revier Veit, 2.000 m.

Zur Probenahme bei den "Profilen" sei noch bemerkt, daß nur an besonders geeigneten Stellen des Erzkörpers die einzelnen ZnS-Lagen vom Liegenden zum Hangenden systematisch beprobt wurden. Die Art der Vererzung sowie die Aufschlußverhältnisse lassen es jedoch nicht immer zu, genau definierte und in keinem erkennbaren horizontalen Zusammenhang stehende ZnS-Lagen auseinanderzuhalten. Eine laterale Korrelation der Vererzung ist meistens nur dort gegeben, wo der Erzkörper ausdünnt und oft eine Hangend- und eine Liegend-ZnS-Lage zu beobachten ist, oder wo in größerer Entfernung im Liegenden oder Hangenden des Haupterzkörpers weitere Vererzungen angefahren sind.

Bei der Probenahme wurde darauf geachtet, die ZnS-Lagen möglichst in ihrer gesamten Mächtigkeit zu erfassen. In den Neuauffahrungen kommen auf die 105 ZnS-Proben prozentual gesehen folgende Mächtigkeiten:

1 - 5 cm - 40 %
6 - 10 cm - 28 %
12 - 16 cm -- 16 %
20 - 35 cm - 10 %
40 - 60 cm - 6 %

Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, daß die Mächtigkeiten der meisten ZnS-Lagen unter 10 cm liegen.

5.33 Aufbereitung der Proben

Wie fast bei jeder geochemischen Bearbeitung von Mineralen in einem komplexen Erzverband, stellte sich auch hier die Frage einer optimalen Trennung bzw. Isolierung einer Mineralphase. Nach verschiedenen Vorversuchen wurde folgende Aufbereitung und Konzentration der Zinkblende gewählt:

1. Brechen und Mahlen der Proben
2. Absieben der Fraktion 0,63/0,125 mm und 0,125/0,200 mm
3. Abtrennen von Magnetkies und Magnetit mit einem Handmagneten
4. Flotation der Zinkblende mit einer Labor-Flotationsmaschine HEIDOLPH Typ 740 oo, Rührer = RZR 0.
5. Wenn nötig, nachträgliche Reinigung des Zinkblende-Konzentrats von Magnetkies mit einem Handmagneten und von Bleiglanz mit einem FRANTZ-Magnetscheider.

Flotation der Zinkblende

Zur Gewinnung einer möglichst reinen Zinkblendefraktion wurde das Flotationsverfahren angewendet. Die Flotation hat sich angeboten, da sich der größte Teil der 130 aufbereiteten Proben aus grobkörnigen Zinkblenden zusammensetzte und somit das Flotationsverfahren, einmal der besonderen Art der Schneeberger Zinkblende angepaßt, zu ausgezeichnet reinen Zinkblendefraktionen geführt hat. Schwieriger ließ sich die Flotation der dichten, feinkörnigen Zinkblende durchführen, die z. T. zweimal flotiert und im Magnetscheider nachgereinigt werden mußte.

Das Verhalten von Sulfidmineralen bei der Flotation kann manchmal in beachtlichem Ausmaß schwanken (NEY, 1973). Umfangreiche Versuche haben zu folgendem "Rezept" für die Flotation von Zinkblende geführt, wobei die Art des Trennverfahrens ausschließlich für die Zinkblende von Schneeberg gilt; für jede andere Zinkblende muß ein möglicher Weg durch Versuche erst ermittelt werden.

a) Vor der Flotation

1) Die zu flotierende Probe muß in einem geeigneten, möglichst engen Korngrößenbereich vorliegen. Hier bietet sich die Fraktion 0,63/0,125 mm oder 0,125/0,200 mm an.
2) Als günstige Probenmenge für die Flotation haben sich 20 g herausgestellt.
3) Der anfallende Feinstanteil (< 20 µm) bei der Zerkleinerung der Probe muß vor der Flotation so voll-

ständig wie möglich durch Abschlämmen entfernt werden.

4) Damit die Schneeberger Zinkblende flotierbar wird, wurden Cu^{2+}-Ionen als Aktivatoren zugesetzt, die sich an der Zinkblendeoberfläche anstelle der Zn^{2+}-Ionen einbauen und mit den Sulfhydrylsammlern reagieren. In 100 ml dest. Wasser wird die Probe mit 0,1 ml 1%iger $CuSO_4$-Lösung geschüttelt. Eine geochemische Untersuchung der Zinkblende auf Kupfer mußte damit entfallen.

5) Anschließend muß die Probe mehrmals mit dest. Wasser ausgewaschen werden, um das restliche $CuSO_4$ zu entfernen, da dieses mit den Sammlern reagiert.

b) Während des Flotationsvorganges

Die in Punkt 6 - 9 angegebenen Mengen an Flotationsreagentien beziehen sich auf eine Flotationszelle von 1.800 ml.

6) Um das Aufschwimmen von Quarz und Silikaten zu verhindern, wird 0,45 ml 10 Vol.%iges Wasserglas zur Trübe gegeben ("Drücker").

7) Zur Einstellung eines optimalen pH-Wertes, oft entscheidend für das Verhalten eines Minerals bei der Flotation, werden 4,5 ml 10%ige KOH verwendet.

8) Die Flotation der Zinkblende erfolgt im Bereich von pH 7 - 10 mit 1,8 ml 1%igem Kalium-Äthylxanthat ("Sammler").

9) Anreicherung der Zinkblende im Schaum durch 1 - 2 Tropfen Dowfroth-250 ("Schäumer").

Die Qualität der Zinkblendekonzentrate wurde mit Anschliffpräparaten kontrolliert. In der Regel zeigten alle Konzentrate mehr oder weniger feinkörnige Verwachsungen (Entmischungen) mit Magnetkies sowie partienweise Kupferkies und etwas Bleiglanz. Nur sehr grobkörnige Zinkblenden waren z. T. einschlußfrei. Die dichten, feinkristallinen Zinkblenden zeigten teilweise starke Verwachsungen mit Nebengestein (hauptsächlich Quarz).

Alle Zinkblendekonzentrate wurden im Anschluß an die Flotation mehrfach mit einem Handmagneten gereinigt, um magnetkiesreichere Zinkblendekörner zu entfernen.

5.34 Ältere geochemische Daten von Zinkblende und Bleiglanz

Frühere Bearbeiter von Schneeberg haben geochemische Bestimmungen an Einzelproben vorgenommen, wie SCHROLL (1956), ROCKENBAUER (1960) und FÖRSTER (1963). Lediglich DESSAU & PERNA (1968) haben 12 ZnS-Proben (Schneeberg) und 3 ZnS-Proben (Pflerschtal) sowie 2 PbS-Proben (Schneeberg) und 1 PbS-Probe (Pflerschtal) geochemisch untersucht. Einige geochemische Daten sind auch aus dem Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a. in Ponte Nossa (Bergamo) bekannt. Systematische geochemische Untersuchungen von Zinkblende und Bleiglanz fehlten bisher völlig. Eine Literaturzusammenstellung aller bisher ermittelten geochemischen Daten von Zinkblende und Bleiglanz des Lagerstättenreviers Schneeberg/Pflersch geben Tab. 10 und 11.

SCHROLL (1956) bestimmte extrem hohe Sn-,In- und Hg-Gehalte in der Schneeberger Zinkblende. Diese hohen Sn- und In-Gehalte lassen SCHROLL zu der Ansicht gelangen, daß Schneeberg zu einem Sn- und In-reichen Lagerstättenraum gehört, wobei die Mineralisation unter den Bedingungen der Tauernkristallisation erfolgt sein soll, die Stoffzufuhr aber im Bereich der "periadriatischen" Zone angenommen wird. Diese Ansicht ist jedoch ohne umfangreiches geochemisches Datenmaterial aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflerschtal und anderen ostalpinen Vererzungen nicht aufrechtzuerhalten, worauf schon FÖRSTER (1963) hingewiesen hat.

DESSAU & PERNA (1968) haben quantitative Bestimmungen von Mn, Co, Ni, Ag, Cu, Cd, Ga, In, Sn, Pb, As, Sb und Bi in der Zinkblende durchgeführt. Fe wurde halbquantitativ nachgewiesen. In Tab. 10 sind jeweils die niedrigsten und höchsten Werte angegeben. Aus der Arbeit von DESSAU & PERNA (1968) wurden für folgende Elemente Mittelwerte errechnet:

ZnS		Schneeberg 1	Schneeberg 2)	Schneeberg 3)	Pflerschtal 3)	Pflerschtal 4)	ZnS-Flotations-Konzentrat 5)	ZnS-Flotations-Konzentrat 6)
Spuren in ppm, außer Fe	Mn		700	160 -1000	200 - 650	2100 -3800	200	780
	Fe			1,6- 10 %	1,6- 10 %	6,8%- 14,8%	1,6-10 %	1,1 %
	Co			4 - 20	30 - 65	11 - 96	30	65
	Ni			1	65 - 100	29 - 220	-	13
	Cu			10 - 700	65 - 200	360 - 720	1000	3720
	Ag			7 - 650	20 - 65	50 - 83	100	-
	Cd		4000	2500 -4500	2500 -4500	640 -1140	3000	4350
	Ga			7 - 65	7 - 10		9	
	In	3- 500		40 3,1)	-		-	
	Sn	1000 1,1)	300	-	-	5	3	0,5
	Be	5- 10						3
	Mg	100-1000						140
	As					1	5	100
	Sb				100 - 500	5	400	300

Tab. 10: Literaturdaten über Spurenelementgehalte in Zinkblenden aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflersch

1) SCHROLL (1956), 1,1) Zinkerz, 1 Probe
2) FÖRSTER (1963), Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a. - 1 ZnS-Probe
3) DESSAU & PERNA (1968), 12 ZnS-Proben Schneeberg; 3 ZnS-Proben Pflerschtal, 3,1) 1 Probe
4) DESSAU & PERNA (1968), 3 ZnS-Proben Pflerschtal - Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a.
5) DESSAU & PERNA (1968), 1 ZnS-Flotationskonzentrat
6) DESSAU & PERNA (1968), 1 ZnS-Flotationskonzentrat - Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a.

PbS		Schneeberg 1)	Schneeberg 2)	Schneeberg 3)	Schneeberg 4)	Schneeberg 5)	Pflerschtal 4)
Angaben in ppm	Ag			1000	850	1395	300
	Sn				300	400	-
	As			400	30	10	10
	Sb		4000	1800	300+2500	700	300
	Bi			500	5+ 850	10	850
	Co				-	8	35
	Cu					1400	
	Au			9			
	Se	200					
	Ge					110	

Tab. 11: Literaturdaten über Spurenelementgehalte im Bleiglanz aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/ Pflersch

1) ROCKENBAUER (1960) - 1 PbS-Probe
2) FÖRSTER (1963) - 1 PbS-Probe
3) FÖRSTER (1963), Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a. - 1 PbS-Probe
4) DESSAU & PERNA (1968), 2 PbS-Proben Schneeberg - 1 PbS-Probe Pflerschtal
5) DESSAU & PERNA (1968), 1 PbS-Probe Schneeberg - Laboratorium der A.M.M.I. s.p.a.

	Schneeberg ZnS (11 Proben) ppm	Pflerschtal ZnS (3 Proben) ppm
Mn	520	500
Co	10	50
Ni	1	55
Ag	90	35
Cd	3.333	3.333
Ga	26	8

Nur in einer Probe wurde In gefunden und mit 40 ppm bestimmt. Eindeutige Aussagen über den Spurenelementgehalt der Zinkblenden aus dem Alten Lager lassen sich auf Grund der wenigen, statistisch unzureichenden Werte nicht machen.

Ähnlich verhält es sich mit den Spurenelementgehalten im Bleiglanz.

TORNQUIST (1932) erwähnt hochsilberhaltigen und Sb-reichen Bleiglanz.

SCHROLL (1956) stellt Schneeberg auf Grund des Überwiegens von Bi (> 1.000 ppm) über Sb in einen Bi-reichen Lagerstättenraum.

ROCKENBAUER (1960) ermittelte 200 ppm Se im Bleiglanz, wobei er annahm, daß jüngere, meist gangartige Vererzungen in Schneeberg eine Anreicherung des Se-Gehaltes in den Mineralen Bleiglanz, Zinkblende und Fahlerz zur Folge hatten.

FÖRSTER (1963) analysierte eine Bleiglanzprobe mit mehr als 4.000 ppm Sb, während die Bestimmung des Bi-Gehaltes unter der Nachweisgrenze lag (420 ppm; SIEMES, 1962).

DI COLBERTALDO (1967) gab einen äußerst hohen Bi-Gehalt (10.000 ppm) und 800 ppm Ag an.

DESSAU & PERNA (1968) bestimmten Ba, Co, Ni, Ag, Sn, As, Sb und Bi. Halbquantitativ wurden Fe, Cu und Zn analysiert.

Diese geochemischen Daten von Zinkblende und Bleiglanz lieferten FÖRSTER (1963) einen weiteren Beweis dafür, die Lagerstätte Schneeberg hydrothermal zu deuten und sie im wesentlichen einem mesothermalen Bereich zuzuordnen.

5.35 Spurenelementgehalte in Zinkblenden aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflersch

Die Ergebnisse der Spurenelementuntersuchungen an Zinkblenden aus dem Lagerstättenrevier Schneeberg/Pflersch sind in Abb. 49 wiedergegeben. Für jedes Revier wurden die Ergebnisse in getrennten Histogrammen dargestellt, wobei die verschiedenen Symbole Teilbereiche in den Revieren charakterisieren sollen. Diese weitergehende Untergliederung in Teilbereiche ist nicht von statistischem sondern bergmännischem Interesse. In Abb. 49 sind die Mittelwerte jedes Elementes für die einzelnen Reviere zusammen mit den Vertrauensgrenzen aufgetragen.

In Tab. 13 sind Probenzahl und die statistischen Daten für die Reviere tabelliert. Im Alten Lager und im Pflerschtal sind für die Elemente Co, Mn und Cd 12 Werte (Altes Lager) und 3 Werte (Pflerschtal) aus der Arbeit von DESSAU & PERNA (1968) mitberücksichtigt und auch in Abb. 49 verwertet worden.

Die Probenzahl aus dem Alten Lager und dem Pflerschtal ist zu gering, um hier statistisch gesicherte Angaben machen zu können. Der Vollständigkeit halber sind diese Werte aber in Abb. 49 mit aufgetragen.

Für den gesamten Lagerstättenbereich können die Spurenelementgehalte in den Zinkblenden wie folgt beschrieben werden:

1. Kobalt

Die Co-Gehalte im Alten Lager liegen bis auf 2 Werte alle unter 50 ppm. DESSAU & PERNA (1968) analysierten 12 Zinkblende-Proben mit Gehalten zwischen 9 ppm und 20 ppm. Die eigenen Analysen liegen bis auf zwei Proben mehr oder weniger im gleichen ppm-Bereich (2 ppm - 36 ppm). Ein deutlicher Anstieg im Co-Gehalt gegenüber dem Alten Lager erfolgt im Revier SW (2.060 m), Revier

SW (2.000 m) und im Revier NE (2.000 m). In diesen drei Bereichen unterscheiden sich die Mittelwerte der Co-Gehalte nur geringfügig voneinander. Diesen Lagerstättenteilen gegenüber zeigt sich dann im Revier Veit eine deutlich abnehmende Tendenz des Co-Gehaltes, die auch im Pflerschtal erkennbar ist.

2. Mangan

Bei der Betrachtung der Mn-Gehalte fällt auf, daß sich zwischen dem Alten Lager, SW (2.060 m) und SW (2.000 m) keine signifikanten Unterschiede zeigen. Demgegenüber kann im Revier NE und im Revier Veit aus den Mittelwerten eine geringfügige Tendenz zu niedrigeren Mn-Gehalten abgelesen werden.

3. Eisen

Ähnlich wie Mangan verhält sich auch Eisen. Auch hier zeichnet sich ab, daß im Bereich der Haupterzlagerstätte (Altes Lager; SW, 2.060 m; SW, 2.000 m) die Fe-Gehalte in den Zinkblenden ziemlich konstant sind. Eine abnehmende Tendenz des Fe-Gehaltes ist im Revier NE (2.000 m) beobachtbar. Dieser Bereich unterscheidet sich noch am deutlichsten von der Haupterzlagerstätte, wogegen im Revier Veit (2.000 m) und auch im Pflerschtal eine geringfügig zunehmende Tendenz im Fe-Gehalt erkennbar ist.

4. Cadmium

Der Trend, der beim Mn- und Fe-Gehalt festgestellt wurde, gilt auch für den Cd-Gehalt. Altes Lager, SW (2.060 m) und SW (2.000 m) zeigen keine signifikanten Unterschiede im Cd-Gehalt. Das Revier NE (2.000 m) grenzt sich dann mit geringfügig höheren Cd-Gehalten gegen das Haupterzlager ab. Eine deutliche Abnahme ist zum Revier Veit und zum Pflerschtal beobachtbar.

Die in Abb. 49 zusammengefaßten Ergebnisse zeigen, daß die Spurenelementgehalte in den Zinkblenden zwischen den

einzelnen Revieren relativ geringfügig variieren. Eine eindeutigere Gesetzmäßigkeit läßt sich feststellen, wenn man das Haupterzlager (Altes Lager; SW, 2.060 m; SW, 2.000 m) betrachtet und es den Revieren NE und Veit/Homan gegenüberstellt. Dadurch zeigt sich, daß die Mittelwerte der Spurenelementgehalte von Mn, Fe und Cd im Haupterzlager sehr ähnlich sind; lediglich der Co-Gehalt im Alten Lager deutet einen Trend zu geringeren Gehalten gegenüber den Revieren SW (2.060 m), SW (2.000 m) und NE (2.000 m) an. Diesem Bereich der Lagerstätte gegenüber ergibt sich z. T. ab Revier NE (2.000 m), merklich aber ab Revier Veit (2.000 m), eine geringfügige Tendenz zu höheren oder niedrigeren Spurenelementgehalten in den Zinkblenden.

In Kap. 5.25 wurde beschrieben, daß sich die Reviere Veit/Homan auf Grund der Co-Ni-Gehalte im Magnetkies geochemisch vom Haupterzlager abgrenzen lassen. Auf die Möglichkeit, daß wir mit diesen Revieren an den "primären Rand" der Lagerstätte Schneeberg kommen, wurde hingewiesen. Der Versuch einer derartigen "paläogeographischen Deutung" ist auf Grund der Spurenelementgehalte in den Zinkblenden nicht ohne weiteres möglich, da die Verteilungsmuster dieser Elemente generell keine eindeutigen Trends aufweisen, wie sie z. B. beim Co-Ni-Gehalt in Magnetkiesen festzustellen waren. Inwieweit sich aber dennoch das Haupterzlager (Altes Lager; SW, 2.060 m; SW, 2.000 m; NE, 2.000 m) und der Randbereich der Lagerstätte (Revier Veit/Homan) in ihrer geochemischen Zusammensetzung signifikant unterscheiden, kann mit Hilfe der Diskriminanz-Analyse beantwortet werden.

Dieses Verfahren sucht sog. Diskriminanzfunktionen, welche Gruppen optimal trennt und dann auf ihre signifikante Verschiedenheit testet. Die Trennung erfolgt durch Erfassung einer Anzahl von Merkmalen an jedem einzelnen Element der Gruppen und durch Aufstellung einer Funktion (= Trennformel), die über die Zuordnung der Elemente zu einer bestimmten Gruppe entscheidet.

Die Trennung zweier Gruppen durch nur jeweils ein Merkmal ist dann am ehesten möglich, wenn die Häufigkeitsverteilungen dieses Merkmals in beiden Gruppen sich möglichst wenig überschneiden, ihre Mittelwerte also möglichst großen Abstand voneinander haben und ihre Streuungen klein sind.

Für diese Aufgabenstellung wurden nur die Proben aus den Neuauffahrungen berücksichtigt, da hier eine statistisch gesicherte Anzahl vorlag. Auf Grund der bisher beschriebenen geochemischen Ergebnisse erschien es sinnvoll, die Proben in zwei Gruppen aufzugliedern. Der ersten Gruppe wurden die Proben aus dem Revier SW (2.060 m), Revier SW (2.000 m) und Revier NE (2.000 m) und der zweiten Gruppe die Proben aus dem Revier Veit/ Homan zugeordnet.

Die Verteilung der Diskriminanz-Scores in Histogrammform findet sich in Abb. 50. Aus der Darstellung ist zu ersehen, daß sich die erste Gruppe (Haupterzlager) und die zweite Gruppe (Randbereich) stark überschneiden. Dies bedeutet, daß sich die Einzelproben isoliert betrachtet, nicht zu einer der beiden Gruppen zuordnan lassen. In der Probengesamtheit ergibt sich jedoch zwischen der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe eine unterschiedliche Häufung. Dieses Ergebnis läßt sich, wenn auch nicht ganz so eindeutig, mit der Tatsache in Einklang bringen, daß sich Haupterzlager und Randbereich der Lagerstätte doch geochemisch unterscheiden, obwohl dies bei einer einfachen Gegenüberstellung (Abb. 49) nicht deutlich zu erkennen ist.

Die Erschließung der Lagerstättenteile im Streichen auf dem 2.000 m-Niveau ermöglichte außerdem eine Aussage darüber, inwieweit sich innerhalb der einzelnen Erzlinsen gesetzmäßige Veränderungen im Spurenelementgehalt ergeben. Die auf 400 m streichende Erstreckung im Revier SW (2.000 m) und auf 150 m im Revier NE (2.000 m) aufgeschlossenen Bereiche haben keine Gesetzmäßigkeiten der Spurenelementverteilung innerhalb der Erzlinsen er-

kennen lassen. Ein ähnliches Ergebnis brachte die Auswertung der Zinkblendeproben, die als Profilserien vom Liegenden zum Hangenden innerhalb der Erzkörper genommen wurden. Ein bestimmter Gang der Spurenelementgehalte konnte hier generell nicht festgestellt werden. Lediglich der Cd-Gehalt weist in den meisten Profilen vom Liegenden zum Hangenden eine abnehmende bis gleichbleibende Tendenz auf. Die Co-, Fe- und Mn-Gehalte sind dagegen stärkeren Schwankungen unterworfen und zeigen keinen signifikanten Trend vom Liegenden zum Hangenden.

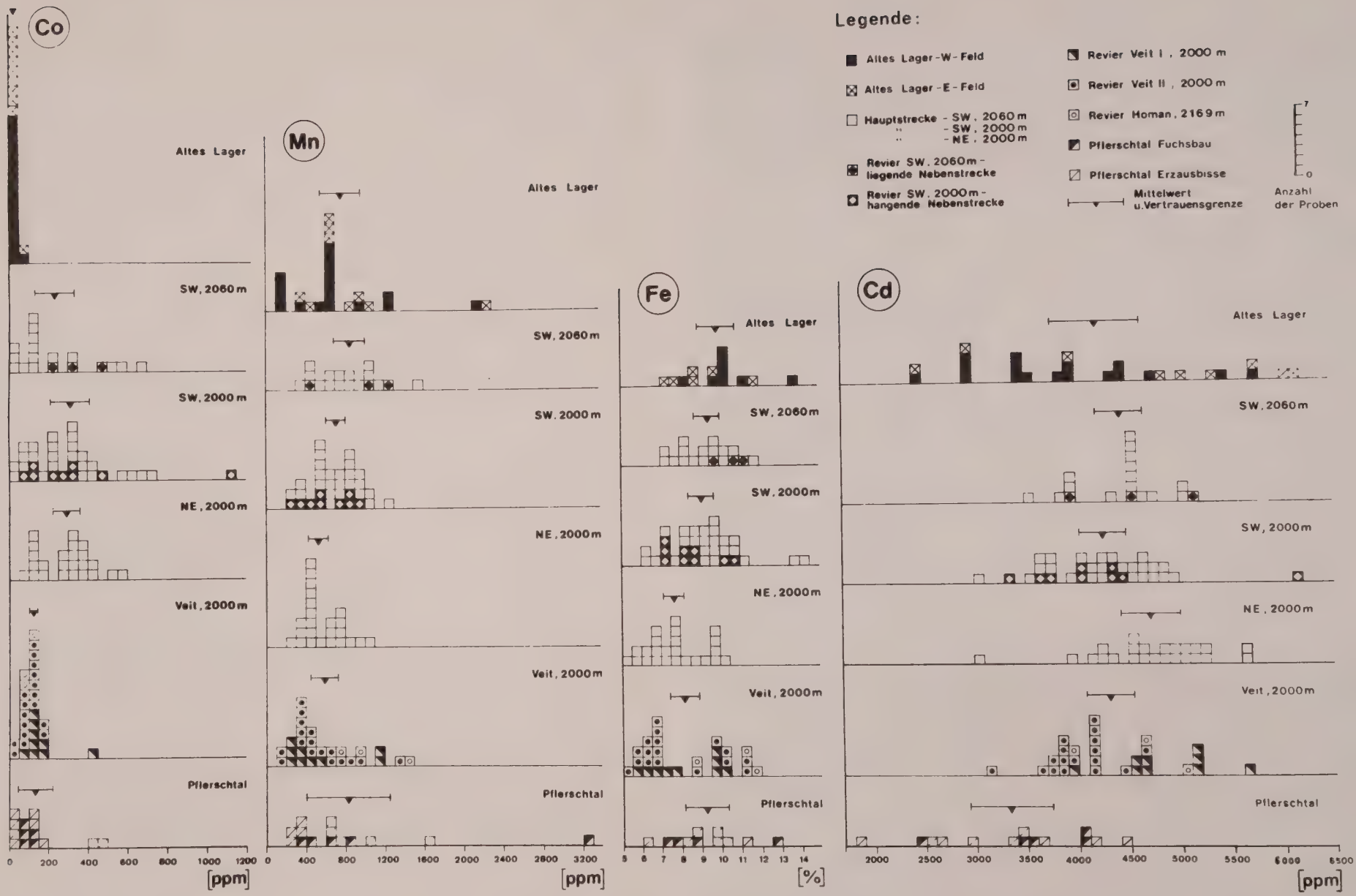
	Co	Fe	Mn	Cd	Co	Fe	Mn	Cd
	Altes Lager				SW, 2.060 m			
Co	1,00	0,32	0,42	0,12	1,00	0,36	-0,17	-0,09
Fe		1,00	0,73	-0,37		1,00	0,35	0,40
Mn			1,00	0,17			1,00	0,33
Cd				1,00				1,00
	SW, 2.000 m				NE, 2.000 m			
Co	1,00	0,21	0,01	-0,07	1,00	-0,40	-0,28	-0,24
Fe		1,00	0,34	0,13		1,00	0,55	0,23
Mn			1,00	-0,14			1,00	-0,13
Cd				1,00				1,00
	Veit, 2.000 m							
	Homan, 2.169 m				Pflerschtal			
Co	1,00	0,02	-0,28	0,15	1,00	0,13	-0,07	-0,62
Fe		1,00	0,63	0,33		1,00	0,84	-0,12
Mn			1,00	0,10			1,00	0,01
Cd				1,00				1,00

Tab. 12: Korrelation (r) zwischen den einzelnen Spurenelementen in der Zinkblende

Die geochemischen Daten wurden ebenfalls auf ihre korrelativen Zusammenhänge hin untersucht. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten für jedes Elementpaar aus den einzelnen Lagerstättenteilen sind in Tab. 12 aufgetragen. Der Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Höchste Korrelation ist bei r = 1 erreicht, keine Korrelation bei r = 0.

Aus Tab. 12 ist zu entnehmen, daß eine signifikante korrelative Beziehung in allen Lagerstättenbereichen nur zwischen den Elementen Mn und Fe besteht (r = 0,34 bis r = 0,84). Für die anderen Elementpaare können derartige korrelative Beziehungen im gesamten Lagerstättenbereich nicht festgestellt werden. Hier treten signifikante Korrelationen nur vereinzelt in einigen Revieren auf. Die von BOTH (1973) in Broken Hill (Australien) in mehreren Erzlinsen festgestellte signifikante negative Korrelation der Elemente Cd und Fe ist in Schneeberg nur im Alten Lager (r = -0,37) verwirklicht. Demgegenüber zeigen sich in den anderen Bereichen zumeist positive Korrelationen (z. B. Revier SW, 2.060 m: r = 0,40).

Abb. 49: Kobalt-, Mangan-, Eisen- und Cadmium-Gehalt in Zinkblende. Für das gesamte Lagerstättenrevier wurden die einzelnen Reviere in Teilhistogrammen dargestellt. Die Vertrauensgrenzen besagen, daß mit 95 % Sicherheit der Mittelwert innerhalb des angegebenen Intervalls liegt


Co
Mn
Fe
Cd
Legende:
Altes Lager - W - Feld
Altes Lager - E - Feld
Hauptstrecke - SW, 2060 m
" - SW, 2000 m
" - NE, 2000 m
Revier SW, 2060 m - liegende Nebenstrecke
Revier SW, 2000 m - hangende Nebenstrecke
Revier Veit I, 2000 m
Revier Veit II, 2000 m
Revier Homan, 2169 m
Pflerschtal Fuchsbau
Pflerschtal Erzausbisse
Mittelwert u. Vertrauensgrenze
Anzahl der Proben
Altes Lager
SW, 2060 m
SW, 2000 m
NE, 2000 m
Veit, 2000 m
Pflerschtal
[ppm]
[%]

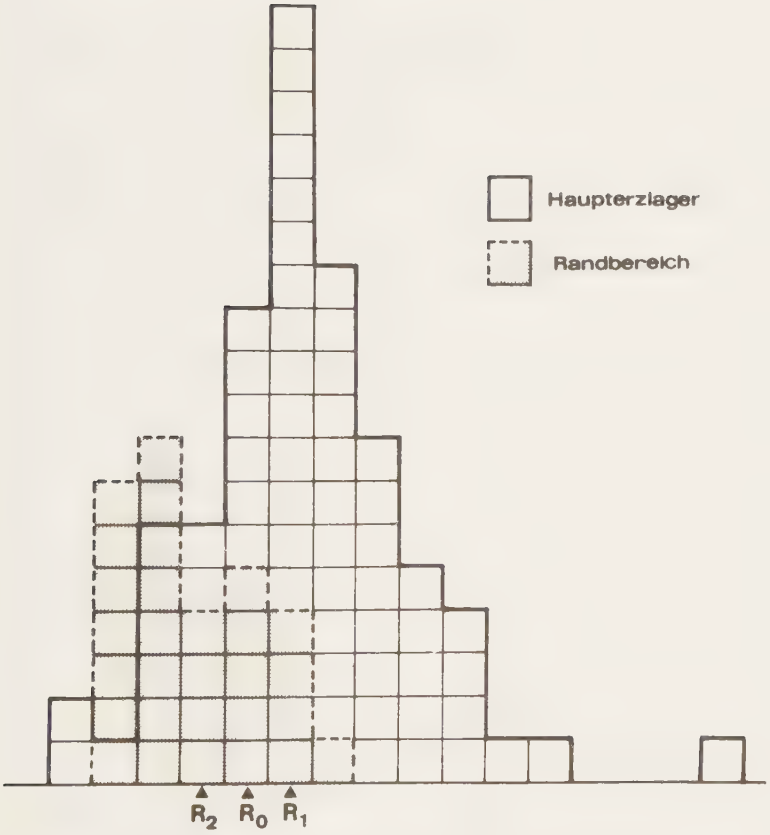


Abb. 50: Häufigkeitsverteilung der Diskriminanz-Scores. Der Mittelwert des Rechenmaßes (R_1) der Gruppe I (Haupterzlager) ist signifikant vom Rechenmaß (R_2) der Gruppe II (Randbereich) getrennt

Lokalität	Proben-zahl	Element	arith. Mittel (ppm)	Standard-abweichung	Vertrauens-grenze	Variations-koeffizient
Altes Lager	26	Co	18	20	8	110
	14	Fe	9,81%	1,71	0,89	16
	26	Mn	760	521	200	67
	26	Cd	4198	1096	422	26
SW, 2.060 m	18	Co	233	202	93	84
		Fe	9,40%	1,39	0,64	15
		Mn	836	326	150	38
		Cd	4440	456	211	10
SW, 2.000 m	34	Co	314	236	80	74
		Fe	9,14%	1,86	0,64	20
		Mn	702	244	82	34
		Cd	4255	572	192	13
NE, 2.000 m	24	Co	293	134	54	45
		Fe	7,72%	1,40	0,56	18
		Mn	562	202	81	35
		Cd	4725	573	230	12
Veit, Homan	29	Co	121	70	25	57
		Fe	8,14%	2,12	0,77	25
		Mn	592	359	131	59
		Cd	4305	564	205	13
Pflersch-tal	14	Co	136	138	72	98
	11	Fe	9,24%	1,90	1,12	19
	14	Mn	818	805	422	95
	14	Cd	3331	771	404	22

Tab. 13: Mittelwerte, Standardabweichungen, Vertrauensgrenzen und Variationskoeffizienten der Spurenelementgehalte in Zinkblenden aus den einzelnen Lagerstättenbereichen

5.4 S-Isotopenuntersuchungen

5.41 Vorbemerkungen

Aus der Schneeberger Lagerstätte sind für Schwefelisotopenanalysen 37 Proben und zwar 20 Zinkblende-, 14 Magnetkies- und 3 Pyritproben im Göttinger Zentrallaboratorium für die Geochemie der Isotope zur Untersuchung gekommen.

Erstes Ziel der Analysen war es festzustellen, ob ein bestimmtes Verteilungsmuster der Schwefelisotopen im Bereich der Lagerstätte Schneeberg vorhanden ist. Neue Argumente zur genetischen Deutung der Lagerstätte zu gewinnen, war aufgrund der geringen Probenzahl nicht zu erwarten. Deshalb ist noch eine größere Analysenserie von Sulfiden aus Schneeberg in Vorbereitung.

Ein Teil der jetzt bereits vorliegenden Meßdaten gibt jedoch noch keine endgültigen Werte, da an diesen Proben noch Nachmessungen im Göttinger Labor durchgeführt werden. Die nachfolgenden Analysenergebnisse sind deshalb noch nicht als endgültig zu betrachten und werden nur der Vollständigkeit halber hier gebracht.

5.42 Aufbereitung der Proben, Analysenverfahren

Die Präparation der Zinkblende-, Magnetkies- und Pyritproben erfolgte, wie im Kapitel zur Geochemie beschrieben wurde.

Da die Möglichkeit bestand, daß das bei der Flotation der Zinkblende verwendete Kalium-Äthylxanthat die Messwerte beeinflußt, wurde eine Xanthat-Probe gemessen. Der Wert liegt mit -0,7 ‰ relativ nahe an den Sulfidmesswerten, so daß eine eventuelle Verfälschung vernachlässigt werden kann.

Die Messungen wurden mit Hilfe eines Atlas CH4 Massenspektrometers durchgeführt. Die Präparation der Sulfidproben erfolgte nach der bei RICKE (1964) beschriebenen

Weise. Meßgas ist SO_2. Die $\delta^{34}S$-Werte wurden mit einem IBM Computer berechnet (NIELSEN, 1968).

Die für die Ermittlung der δ-Werte verwendete Gleichung ist folgendermaßen definiert:

$$\delta^{34}S \text{ in } ‰ = \left[\frac{^{34}S/^{32}S(\text{Probe}) - {}^{34}S/^{32}S(\text{Stand.})}{^{34}S/^{32}S(\text{Stand.})} \right] \cdot 1000$$

Der Standard in dieser Gleichung ist Troilit vom Cañon Diablo Eisenmeteorit, dessen $\delta^{34}S$-Wert mit 0,00 angegeben wird. Im allgemeinen liegt der Gesamtfehler (=Präparations- + Meßfehler) bei $\pm$ 0,2 ‰, bei reinen Sulfiden ist er $< \pm$ 0,1 ‰.

5.43 Meßergebnisse

Aus den z. Z. vorliegenden ersten Analysendaten ergeben sich für die einzelnen Schneeberger Sulfide folgende Gesamtstreubereiche:

Zinkblende: δ = +1,5 ‰ bis +4,8 ‰ = 3,3 ‰
Magnetkies: δ = +2,7 ‰ bis +7,9 ‰ = 5,1 ‰
Pyrit: δ = +4,9 ‰ bis +12,8 ‰ = 7,9 ‰ (nur drei Proben)

Die δ-Mittelwerte (arith. Mittel) für die drei Sulfide liegen wie folgt:

Zinkblende: δ = +3,4 ‰
Magnetkies: δ = +4,4 ‰
Pyrit: δ = +8,2 ‰

Demnach steigen die arithmetischen Mittelwerte in der Reihenfolge:

$$\delta^{34}S_{FeS_2} > \delta^{34}S_{FeS} > \delta^{34}S_{ZnS}$$

Diese Reihenfolge scheint in den Schneeberger Erzen für Sulfide zu gelten, die nicht aus dem Handstücksbereich entnommen wurden. Nach der Literatur kommt es für koexistierende Sulfide (Berührungs-Paragenese) zu einer Fraktionierung der Schwefelisotope, wobei folgende Reihen-

folge der ^{34}S-Anreicherung, die in den Schneeberger Erzen z. T. auch im großen gilt, entnommen werden kann:

Pyrit > Magnetkies > Zinkblende > Kupferkies > Bleiglanz.

In Abb. 51 sind die $\delta\,^{34}S$-Werte der einzelnen Sulfidminerale der Lagerstätte Schneeberg, in Teilhistogrammen für die einzelnen Reviere getrennt, dargestellt. Mit weiteren S-Isotopenuntersuchungen könnte der in Abb. 51 erkennbare Trend für den Lagerstättenbereich ggf. weiter belegt werden:

$\delta(\text{Altes Lager})_{ZnS} < \delta(\text{SW, 2000 m, 2060 m})_{ZnS} < \delta(\text{NE, 2000 m})_{ZnS}$

$\delta(\text{Altes Lager})_{FeS} < \delta(\text{SW, 2000 m, 2060 m})_{FeS} < \delta(\text{NE, 2000 m})_{FeS}$

Für die Reviere Altes Lager, SW und NE gilt, wie schon oben festgestellt wurde:

$$\delta\,^{34}S_{ZnS} < \delta\,^{34}S_{FeS}$$

Nimmt man die arithmetischen Mittelwerte im Revier Veit, 2.000 m (ohne den FeS-Wert +7,9 ‰; diese Probe liegt zwischen dem Revier NE, 2.000 m, und dem Revier Veit, 2.000 m), so könnte folgendes gelten:

$$\delta\,^{34}S_{ZnS} > \delta\,^{34}S_{FeS}$$

Demnach zeichnet sich in der S-Isotopenverteilung ein einheitlicher Trend zwischen den Bereichen Altes Lager, Revier SW und Revier NE ab, von dem sich wiederum das Revier Veit deutlich abhebt. Diese Beobachtung kann in Übereinstimmung gesehen werden mit den signifikanten Unterschieden in der Spurenelementverteilung bei den Sulfiderzen. So wird auch in der Verteilung der S-Isotopen ein Kontrast des Reviers Veit zu den übrigen Teilen der Lagerstätte erkennbar. Inwieweit sich daraus genetische oder gar paläogeographische Schlüsse ziehen lassen, wie sie auf S.109 bereits angedeutet wurden, muß allerdings den weiteren Analysenergebnissen vorbehalten bleiben.

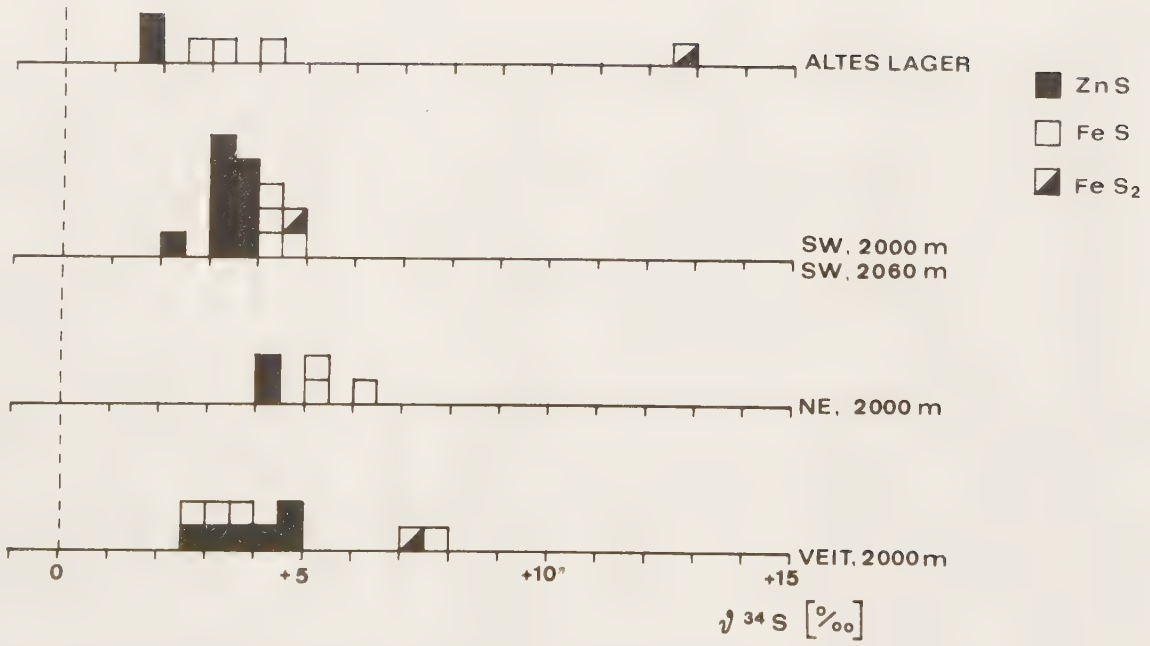


Abb. 51 $\delta^{34}S$-Histogramme der einzelnen Lagerstättenreviere

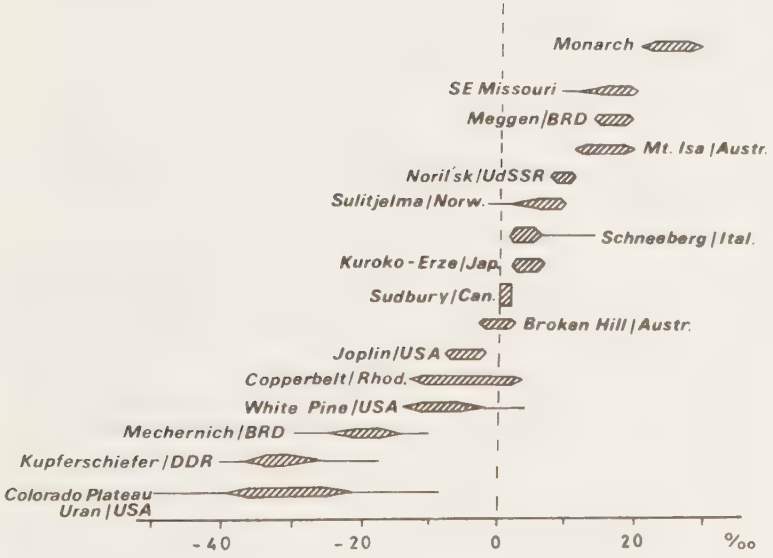


Abb. 52: $\delta^{34}S$ Verteilung in typischen Sulfidlagerstätten nach NIELSEN (1974). Die Lagerstätte Schneeberg ist in das Schema eingefügt

In der Literatur wird betont, daß bei mobileren Sulfiden, wie Kupferkies und Magnetkies, mit zunehmender Metamorphose eine zunehmende Homogenisierung der Schwefelisotopenverteilung eintritt. Die geringe Streuung der Sulfidmeßwerte (ZnS und FeS) läßt auch für die Schneeberger Sulfide eine Homogenisierung der Schwefelisotopenverteilung vermuten. Für Pyrit dagegen betonen GEHRISCH et al. (1975), daß er trotz Metamorphose den ursprünglich bei der Sedimentation der Sulfide angelegten Gang der δ-Werte weitgehend bewahren kann.

Abb. 52 zeigt Sulfidvorkommen unterschiedlicher Entstehung mit ihren S-Isotopenzusammensetzungen (nach NIELSEN, 1974). Der Kupferschiefer z. B., in einem sauerstoffarmen Milieu durch sulfat-reduzierende Bakterien abgelagert, hat einen δ-Bereich, der mit dem normaler mariner Sedimente zu vergleichen ist. Erzvorkommen, wie die Ni-Lagerstätte Sudbury (Kanada), die mit basischen Intrusionen verbunden sind, zeigen δ-Werte nahe Null. Die Sulfid-Werte der Erzlagerstätten vom Typ der stratiformen Kieslagerstätten (Mount Isa und Broken Hill/Australien, Sulitjelma/Norwegen, Meggen/BRD, Kuroko-Erze/Japan) werden durch Reduktion von marinem Sulfat sowie durch Ausfällung von Sulfid-Ionen aus einer H_2S-haltigen Lösung erklärt. Die Lagerstätte Schneeberg, die ebenfalls zum Typ der stratiformen Pb/Zn-Lagerstätten gestellt werden kann, ist mit ihren δ-Werten in das von NIELSEN stammende Schema eingefügt.

6. TEKTONISCHE ÜBERPRÄGUNG VON ERZ UND NEBENGESTEIN

Petrographische Untersuchungen über das Ötztal-Stubaier-Altkristallin im Zusammenhang mit Rb/Sr- und K/Ar-Altersbestimmungen ergaben generell drei tektonische Phasen und metamorphe Kristallisationen, von denen zwei prätriadisch und eine dritte frühalpidisch stattgefunden

haben (SCHMIDT et al., 1967; MILLER et al., 1967; HARRE et al., 1968; FÖRSTER, 1969; PURTSCHELLER, 1969). Während die beiden prätriadischen Phasen den hochmetamorphen Charakter von Nebengestein und Lagerstätte entwickelten, wird die frühalpidische Überprägung als faziesgleich bzw. retrograd eingestuft (FÖRSTER, 1969; PURTSCHELLER, 1971).

Neuere gefügekundliche und petrographische Untersuchungen von SCHMITZ (1971) und KLIX (1974) im Lagerstättenbezirk Schneeberg/Pflersch haben diese Kristallisations-/Deformations-Phasen bestätigen können. Von beiden Autoren sind zum Fragenkomplex Kristallisation/Deformation folgende Anschauungen entwickelt worden:

Der ältesten eindeutig nachweisbaren metamorphen Überprägung räumt SCHMITZ (1971, 1974) ein prä-permotriadisches Alter ein. Er nimmt aber an, daß mit noch älteren petrogenetischen Phasen gerechnet werden muß, wobei Disthen-Akkumulationen wahrscheinlich Relikte einer solchen früheren metamorphen Kristallisation darstellen könnten. Ebenfalls prä-permotriadisch wurden die Pflerscher Erze von einer jüngeren Durchbewegung, die sich in erster Linie innerhalb der Erzhorizonte auswirkte, betroffen. Eine frühalpidische Metamorphose in der Trias von Tribulaun und Telfer Weißen hat sich im Altkristallin retrograd oder bestenfalls faziesgleich ausgewirkt.

KLIX (1974) unterscheidet eine prätriadische Hauptdeformation, die durch die sichtbare sf_1/sf_2-Tektonik gekennzeichnet ist. Dabei konnte KLIX die von FÖRSTER (1963) vom Alten Lager beschriebene B-Tektonik mit mehreren s-Flächen in den Neuaufschlüssen nur sehr untergeordnet feststellen. Die B-Achsen sind demnach "nicht geeignet, Gerüst für das Kristallisations-/Deformationsschema zu sein", d. h. die B-Tektonik im Alten Lager wird vermutlich durch eine ausgeprägte sf-Tektonik in den Neuaufschlüssen der Tiefe abgelöst. Auch KLIX geht davon aus, daß mindestens eine Überprägung ("Laaser Kristallisation") vor der Hauptdeformation gelegen haben muß. Als Relikt dieser alten hochmetamorphen Kristallisation tritt in der alten Lagerstätte und den Neuauffahrungen der Grube Schneeberg kataklastisch zerbrochener Staurolith auf. Postpermoskytisch sind erneut metamorphe Bedingungen aufgetreten, d. h. "nach dem Eindringen der jetzt als Meta-Lamprophyre vorliegenden Gesteine". Diese Kristallisation ordnet KLIX der "Schneeberger"- bzw. "Tauernkristallisation" zu. Er nimmt an, daß diese Deformation entscheidend geringer war und etwa die Bahnen der prätriadischen nachgezeichnet haben dürfte.

Posttriadisch wurde dann das Altkristallin und die permomesozoische Überdeckung von einer jüngeren bruchtektonischen Beanspruchung erfaßt. KLIX (1974) lehnt aber eine ausschließlich posttriadische Anlage dieser Störungen ab, da nach seiner Meinung die ältere Störungsgeneration während der jüngeren bruchtektonischen Beanspruchung z. T. eine nochmalige Bewegung erfahren und dann auch die Trias versetzt hat.

In Kap. 3.2 wurde schon erwähnt, daß von SCHMITZ (1971) und KLIX (1974) Kriterien gefunden werden konnten, die die synsedimentäre Entstehung der Lagerstätten belegen. Geht man von dieser Annahme aus, dann müssen Erz und Nebengestein gemeinsam von den oben beschriebenen metamorphen Deformationen überprägt worden sein. Dies bedeutet, daß zwei Hauptphasen regionaler Metamorphose auch im Erscheinungsbild der Lagerstätte Schneeberg zu erwarten sind. Beide Metamorphosephasen wären präalpidisch und unter ähnlichen p-T-Bedingungen abgelaufen.

Im Anschluß an die prätriadische Hauptdeformation (KLIX, 1974) wurden die Erzkörper von einer mechanischen Durchbewegung in ss bzw. sf betroffen, in deren Verlauf sie ihr heutiges Erzgefüge erhielten. Diese letzte entscheidende Überprägung konnte von SCHMITZ (1971) auch für die Pflerscher Vererzung nachgewiesen und mit Beispielen belegt werden. Diese Deformation hat ebenfalls die Schneeberger Vererzung betroffen und die Erzlager stark durchbewegt. Eine anschließende umfaßende Rekristallisation gibt das derzeit vorliegende Erzgefüge wieder.

Aus der metamorphen Mineralparagenese des Nebengesteins können Temperaturen zwischen 500°C und 600°C abgelesen werden. Diesen p-T-Bedingungen waren auch die Sulfiderze während der beiden (letzten) prätriadischen Metamorphosen unterworfen, wobei FÖRSTER (1969) und SCHMITZ (1971) annehmen, daß partiell der Bereich der Anatexis erreicht wurde. Eine solche Annahme zwingt jedoch auch zu Überle-

gungen über Art und Intensität der Sulfidmobilisationen und das mögliche Entstehen von sulfidischen Schmelzen (s. Kap. 7).

Charakteristische Merkmale regionalmetamorph überprägter Sulfidlagerstätten sind zahlreich beschrieben worden (Zusammenstellung bei VOKES, 1969). In der Lagerstätte Schneeberg kann hierzu an typischen Beispielen gezeigt werden, daß die Sulfidvererzung Deformations-, Mobilisations- und Rekristallisationserscheinungen aufweist. Dies erklärt, daß durch polymetamorphe Stoffverschiebungen und Deformationen Gefügebilder der primären Erzanlage nicht erhalten geblieben sind. Das heute vorherrschende Erzgefüge stellt zum größten Teil das Ergebnis einer letzten metamorphen Überprägungsphase dar, die als mechanische Durchbewegung in ss bzw. sf mit anschließender Rekristallisation erfaßbar wird.

Die folgenden tektogenetischen Erscheinungen können in der Lagerstätte Schneeberg beobachtet werden:

(1) Deformation von Erz und Nebengestein

a. Verfaltetes Sulfiderz und verfaltetes Nebengestein
b. Rotation von Magnetitkristallen
c. In der Schieferung ausgelängte Pyritkristalle
d. Boudinagestrukturen
e. Druckschattenbildungen
f. Kataklastische Deformation von Sulfiden
g. Breccienbildung, Rotation und Auswalzung von Nebengesteinsaggregaten im Erz
h. Mylonitisierung

(2) Mobilisation von Sulfiden (s. Kap. 7)

(3) Rekristallisation von Sulfiden

zu (1) Deformation

a. Faltenstrukturen von Erz- und Nebengesteinslagen sind in der Lagerstätte im dm-Bereich wie im Anschliff festzustellen. Eine intensivere Verfal-

tung zeigen häufig Muskowit-Quarz-Schiefer (Abb. 53) sowie im Mikrobereich kräftig verfaltete Graphitbänder.

b. In Kap. 4.12 wurde schon darauf hingewiesen, daß die Ausbildung der Magnetite eine teilweise Rotation erkennen lassen (Abb. 7 a).

c. Mit Abb. 9 (Kap. 4.12) konnte gezeigt werden, daß im sf eingeregelte Pyrite ausgelängt und z. T. in der Schieferung weitergewachsen sind.

d. Boudinage-ähnliche Texturen sind oft an spröden Gesteinsbänken zu beobachten wie z. B. an sehr tremolitreichen Einschaltungen in der "filone"-Fazies (Abb. 54). Zwischen den Boudins sind häufig Quarzausscheidungen zu beobachten. Solche Texturen treten im Erz nur untergeordnet und undeutlich auf.

e. Druckschattenbildungen sind u. a. ein charakteristisches Merkmal metamorpher Sulfidlagerstätten. In der Lagerstätte Schneeberg sind Druckschattenbildungen am häufigsten an idiomorphen Pyriten und Magnetiten zu beobachten, in denen grobstengelige Aggregate von Chlorit und Quarz sowie "weichere" (s. u.) Sulfide auftreten können, wie z. B. Magnetkies, Bleiglanz und Kupferkies.

f. Kataklastische Deformationserscheinungen werden allgemein als ein typisches Kennzeichen "harter" Minerale (Sulfide großer Gefügefestigkeit), wie Magnetit, Ilmenit, Pyrit und Arsenkies angesehen. Die kataklastisch zerbrochenen Minerale werden auch in Schneeberg durch "weichere" Minerale (Sulfide geringerer Gefügefestigkeit) verkittet (Kupferkies, Magnetkies, Bleiglanz, Zinkblende). Extrem starke kataklastische Zerlegung zeigen z. B. Magnetite (Abb. 6).

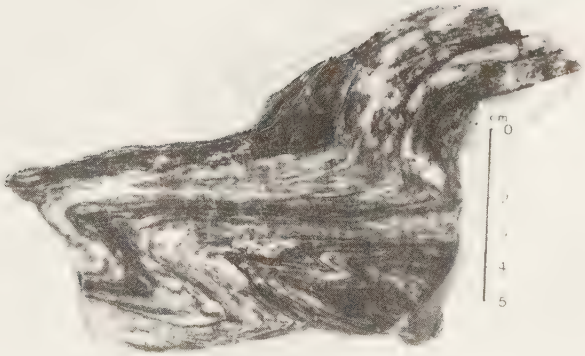


Abb. 53: Verfalteter Muskowit-Quarz-Schiefer. Mit in die Faltung sind feinste Magnetkiesschnüre einbezogen. Revier SW (2.000 m)

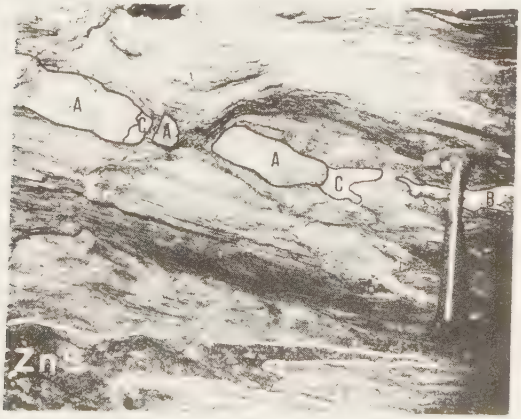


Abb. 54: Boudinagestruktur im Erzkörper. Revier SW (2.000 m)

A: Tremolit, Karbonat, Bleiglanz, wenig Zinkblende
B: Quarz, Biotit, Granat
C: Quarzmobilisate

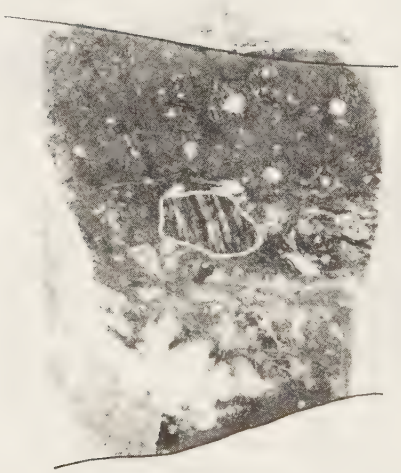


Abb. 55:
Stark in ss bzw. sf durchbewegte Zinkblendelage mit Quarzmobilisaten (weiß) und rotierten Nebengesteinsaggregaten. Bewegungsflächen und ein rotierter Nebengesteinskörper sind gekennzeichnet

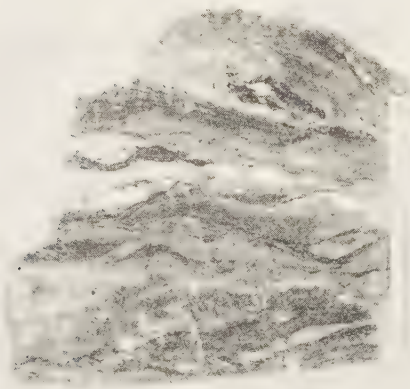


Abb. 56: Randzone einer kräftig durchbewegten Zinkblendelage. Teile der Lage sind mylonitisiert und bestehen aus einem feinen Zerreibsel silikatischer Minerale

g. Im Verlauf der Durchbewegung in ss bzw. sf wurden die Schneeberger Erze mechanisch deformiert. Innerhalb der Erzlagen sind eingeschaltete Nebengesteinslagen brecciiert und Teile abgerissener Nebengesteinseinschlüsse rotiert (Abb. 55) oder zu langgestreckten Gesteinspartien ausgewalzt. Typisches Kennzeichen derart durchbewegter Erzlagen sind Quarzmobilisate und ein vermehrtes Auftreten von Kupferkies.

h. Bereichsweise können Randpartien von Zinkblendelagen beobachtet werden, die während der Durchbewegung in ss bzw. sf mylonitisiert worden sind und jetzt aus einem feinen Zerreibsel silikatischer Minerale in feinkristalliner ZnS-Matrix bestehen (Abb. 56).

zu (2) Mobilisation von Sulfiden s. Kap. 7

zu (3) Rekristallisation

Angeätzte Anschliffe haben gezeigt, daß die Schneeberger Erze im Anschluß an die Durchbewegung in ss bzw. sf sowohl grobkörnig als auch feinkörnig rekristallisiert sind. Die Sulfide weisen im allgemeinen mosaikartige Gefüge auf, lokal mit erkennbarer Kornregelung (Magnetkies, Bleiglanz). Rekristallisationsgefüge zeigen auch kleinste Ilmeniteinschlüsse in Sulfiderzmineralen (Abb. 4).

Wenn auch die Korngefüge in der Schneeberger Lagerstätte sehr vielseitige Formen der Rekristallisation zeigen, so ist die Rekristallisation der Sulfiderze offensichtlich nicht in einer derart differenzierten Form erfolgt, wie dies LAWRENCE (1973) von der höher metamorphen Lagerstätte Broken Hill (Australien) beschreibt.

Entsprechend der Zusammenstellung australischer Sulfiderzlagerstätten durch McDONALD (1967) nach ansteigendem Metamorphosegrad, würde die Lagerstätte Schneeberg mit ihrer Amphibolit-Fazies in den höher metamorphen Teil dieser Gruppierung, etwa zwischen Broken Hill und Mount Isa, gehören (Tab. 14). Die metamorphen Merkmale der australischen Sulfiderzlagerstätten stammen hier aus der Arbeit von HAMILTON & MUIR (1974). In der Literatur wird betont, daß eine ansteigende Metamorphose in Sulfidlagerstätten Schwefelverluste nach folgender Reaktion mit sich bringt:

$$FeS_2 \longrightarrow FeS + S \ (\longrightarrow Fe_3O_4 + S),$$

wobei der freigewordene Schwefel nicht verloren geht, sondern zu einem Anwachsen der Komplexität der Erzmineralparagenese führen kann. In Tab. 14 ist die Lagerstätte Schneeberg in das von McDONALD (1967) stammende Schema eingefügt, um die ansteigende Komplexität der Erzmineralparagenese mit ansteigender Regionalmetamorphose zu zeigen. Von McDONALD wird aber betont, daß stoffliche Unterschiede in der Mineralparagenese auch einen ursprünglich unterschiedlichen Metallgehalt wiederspiegeln können.

Bei den Lagerstätten Mount Isa und Broken Hill handelt es sich nach der Literatur um primär synsedimentäre Metallausfällungen (HEWETT & SOLOMON, 1964; BOTH, 1973), die später mehrfach metamorph überprägt und z. T. mobilisiert worden sind. Derartige Vorstellungen sind auch für die Lagerstätte Schneeberg entwickelt worden (KLIX, 1974). Somit könnten die primären Entstehungsbedingungen der drei Lagerstätten gleich sein. Diese unterscheiden sich aber in der Intensität der metamorphen Überprägung und einer damit verbundenen unterschiedlich starken Stoffmobilisation. In Abb. 57 ist die Entwicklung aller drei Lagerstätten schematisch dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß sich Schneeberg, im Vergleich zu Mount Isa und Broken Hill, im Metamorphosegrad zwischen diesen beiden bewegt.

Broken Hill	Schneeberg	Mount Isa	McArthur River
Pyrit	Pyrit	Pyrit	Pyrit
Zinkblende	Zinkblende	Zinkblende	Zinkblende
Bleiglanz	Bleiglanz	Bleiglanz	Bleiglanz
Kupferkies	Kupferkies	Kupferkies	Kupferkies
Markasit	Markasit	Markasit	
Magnetkies	Magnetkies	Magnetkies	
Valleriit	Valleriit	Valleriit	
Tetraedrit	Tetraedrit	Tetraedrit	
Polybasit	Polybasit	Polybasit	
Jamesonit	Jamesonit	Jamesonit	
Arsenkies	Arsenkies	Arsenkies	
Gold	Gold (1x)	Gold	
Pyrargyrit	Pyrargyrit	Pyrargyrit	
Sternbergit		Sternbergit	
		Proustit	
		Pentlandit	
Wurzit			
Cubanit			
Silberglanz			
Stromeyerit			
Molybdänglanz	Molybdänglanz		
Linneit	Linneit		
Breithauptit	Breithauptit		
Enargit			
Covellin			
Boulangerit	Boulangerit		
Berthierit			
Zinnstein			
Magnetit	Magnetit		
Ullmannit	Ullmannit		
Antimon			
Löllingit			
Dyskrasit	Dyskrasit		
Skutterudit	Skutterudit		
Rotnickelkies			
Wolframit			
Gudmundit	Gudmundit		
Bournonit	Bournonit		
Miargyrit			
Meneghinit			
Kobaltglanz	Kobaltglanz		
Zinnkies	Zinnkies		
Ilmenit	Ilmenit		
Silber			
	Mackinawit		
	Antimonglanz		
	Wismut		
	Rutil		
	Graphit		

Sillimanit-Fazies	Amphibolit-Fazies	Grünschiefer-Fazies	Zeolith-Fazies?	metamorphe Fazies
mm - cm	mm - ± cm	mm	µm	Korngröße
selten	mittel	mittel	reichlich	Gehalt an kohliger Substanz
Graphit	Graphit	anthrazitisch	bituminös	Inkohlungsgrad

Tab. 14: Erzmineralinhalt der Lagerstätten Broken Hill, Mount Isa, McArthur River (aus McDONALD, 1967) und der Lagerstätte Schneeberg. Gold wurde einmal im Pflerschtal beobachtet

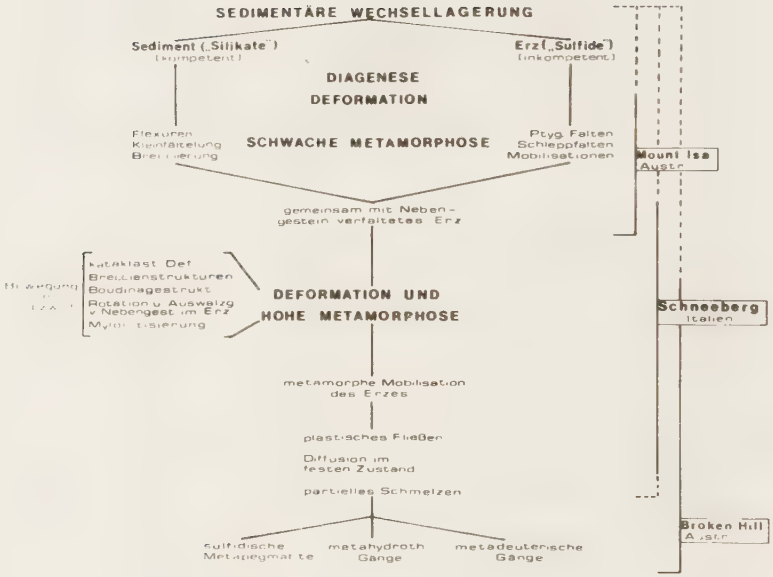


Abb. 57: Schematisch vereinfachte Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Sulfiderzlagerstätten Mount Isa (Austr.), Broken Hill (Austr.) und Schneeberg

7. METAMORPHE MOBILISATION DER SULFIDERZE

In den letzten Jahren sind eine Reihe von Arbeiten erschienen, die sich u. a. mit Mobilisationen während der regionalmetamorphen Überprägung von Sulfidlagerstätten befassen. Eine umfassende Übersicht zur Metamorphose und Mobilisierung sulfidischer Erze gibt VOKES (1969, 1971). Weitere neuere Arbeiten zu diesem Thema sind u. a. von LAWRENCE (1967), ROBERTS (1967), McDONALD (1967), KULLERUD & MOH (1972) und MIKKOLA & VÄISÄNEN (1972) erschienen.

Im allgemeinen stimmen diese Autoren darin überein, daß in regionalmetamorph überprägten Lagerstätten Mobilisationen im mm- bis m-Bereich verbreitet sind. Es bestehen jedoch noch Unklarheiten darüber, inwieweit metamorphe Erzumlagerungen auch über größere Entfernungen stattfinden können. Sicher werden die Transportweiten auch von den Mechanismen ("plastisches Fließen", "Diffusion im festen Zustand", "metahydrothermale Lösungen"), die bei der Bildung von Erzmobilisaten ablaufen, mitbeeinflußt.

Bei der Frage nach Art und Weise von Sulfidmobilisationen macht man bei "weicheren" Mineralen für den Erztransport ein "plastisches Fließen" verantwortlich. Auf der anderen Seite leitet man Mobilisationen über eine fluide Gasphase ab, wobei von KULLERUD & MOH (1972) gezeigt werden konnte, daß reelle Verbindungen, wie Bleiglanz, Zinkblende und Zinnober, leicht mobilisierbar sind. Ebenso können sich viele Sulfosalzminerale verhalten, wenn sie reelle Verbindungen sind. Liegen keine echten Verbindungen vor, muß der Transport in Form von Aquokomplexen stattfinden, da einfache Ionen-Löslichkeit der meisten Sulfide viel zu niedrig ist, um für den Erztransport verantwortlich zu sein.

LAWRENCE (1967) folgert aus experimentellen Untersuchungen an Sulfidsystemen (BRETT & KULLERUD, 1963/1964), daß in der hochmetamorphen (Sillimanitfazies) Blei-Zinkerzlagerstätte Broken Hill (Australien) partielles Schmelzen bei Temperaturen um 700°C möglich ist und somit Migrationen unter Beteiligung sulfidischer Schmelzen und "metahydrothermaler" Lösungen zu erklären sind. Die von LAWRENCE beschriebenen Merkmale eines "Sulfidneomagmas", u. a. grobkristalline Massen von Rhodonit, Calcit, Bustamit, Bleiglanz und Zinkblende (erzführende gangförmige

"Metapegmatite") zeigen häufig Charakterzüge, die nicht selten zur Annahme "epigenetischer" Kriterien führen können.

MIKKOLA & VÄISÄNEN (1972) beschreiben drei Mechanismen, die eine Remobilisation von Sulfiden während einer Regionalmetamorphose in Outokumpu (Finnland) verursacht haben: 1. plastisches Fließen; 2. Diffusion im festen Zustand; 3. metahydrothermale Lösungen. In der ersten Phase der Remobilisation bilden sich Sulfide im Druckschatten aus. Der gleiche Mechanismus führt zum Abwandern der Sulfide in Faltenscheitel. Mit anhaltender plastischer Deformation der Sulfide wird die gebänderte Struktur des Erzes teilweise zerstört. Kompetente sulfidarme Lagen werden boudiniert und brecciiert und es bilden sich massive Sulfidkonzentrationen. Als Transportmechanismus, der schmale Zerrklüfte von cm- bis 1 m Länge, die sich u. a. im Nebengestein ausbilden, mit Kupferkies, Magnetkies, Zinkblende und Sulphosalzen füllt, nehmen die Autoren Diffusion im festen Zustand an. Die Anreicherung von Sulphosalzen ist hier größer als in den Mobilisaten, die durch plastisches Fließen entstehen. Grobkörnige Sulfid-Quarz-Körper, wenige Meter lang und mehrere Dezimeter breit, werden wie bei LAWRENCE (1967) über eine fluide Phase als Produkt einer teilweise schmelzflüssigen Phase des Erzes erklärt.

Aus den Lagerstätten des Pflerschtals sind von SCHMITZ (1971, 1974) metamorphe Erzmobilisationen wie folgt beschrieben worden:

a. Verheilung zerbrochener Mineralkomponenten (z. B. Magnetit, Pyrit, Albit) durch "weiche" Sulfide, wie Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Magnetkies.

b. Sulfid-Migration in den Intergranularraum im Grenzbereich Erz/Nebengestein. Migration im mm-Bereich.

c. "Metahydrothermal" mobilisierter Bleiglanz verkittet Nebengesteinstrümmer in Breccienerzen. Migration im dm-Bereich von Zinkblende, Kupferkies, Bleiglanz und Magnetkies in ac- und h0l-Klüfte.

d. Grobkristalline Partien von Bleiglanz, Zinkblende oder Magnetkies in feinkörnigem Blei-Zinkerz werden als mögliches Ergebnis einer selektiven Mobilisation gedeutet.

e. Mobilisationen im Meter- bis Zehnermeterbereich von zumeist saiger stehenden Erztrümern, die diskordant von den Erzlagern abscharen.

Aus den Bildungstemperaturen zwischen 500° und 600°C, die aus der Gesteins- und Erzparagenese ableitbar sind sowie experimentellen Sulfid-Systemuntersuchungen, nach denen sulfidische Schmelzen auch schon bei Temperaturen um 500 C, d. h. im Bereich der Amphibolit-Fazies, auftreten

können, folgert SCHMITZ (1974) eine zumindest teilweise schmelzflüssige Mobilisierung der Pflerscher Erze.

Betrachtet man jetzt die Vererzung in den Neuaufschlüssen in Schneeberg, so treffen die Beobachtungen von SCHMITZ (1974) in den Punkten a - d über Mobilisationserscheinungen im mm- bis dm-Bereich ebenfalls auf die Schneeberger Vererzung zu. Lediglich die in Punkt e aufgeführten Mobilisationen bis in den Zehnermeter-Bereich von diskordant verlaufenden Erztrümern, konnten in den Neuauffahrungen der Schneeberger Lagerstätte nicht beobachtet werden. Im Alten Lager werden dagegen von GRANIGG (1907 b) derartige diskordante Erzapophysen abgebildet.

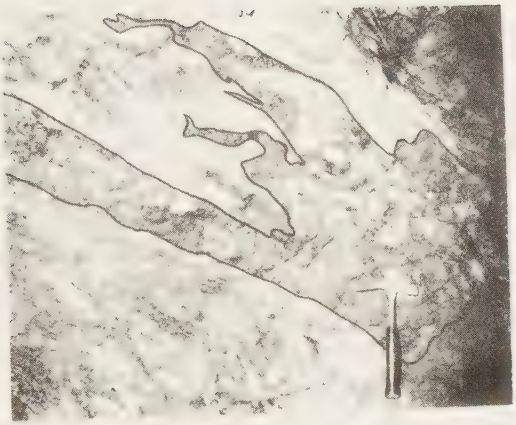
Die meisten erkennbaren Sulfidmobilisationen sind in der Lagerstätte Schneeberg mit wenigen Ausnahmen der Wegsamkeit folgend $\pm$ schieferungskonkordant verlaufen. Diese ZnS-Mobilisate machen sich in verdickten, grobkörnigen Zinkblendeaggregaten, von denen randlich apophysenartig in der Schieferung Zinkblendeschnüre ausgehen, bemerkbar (Abb. 58). Ein weitergehender Transport der Zinkblende über den m-Bereich hinaus, läßt sich in den Neuauffahrungen im allgemeinen nicht beweisen. Mobilisationserscheinungen, wie sie im Revier Veit (2.000 m) zu beobachten waren, sind Einzelbeispiele und kennzeichnen nicht das charakteristische Bild der Vererzung. Hier werden in einer flexurartig aufgebogenen Vererzungszone Störungen von Zinkblendemobilisaten begleitet, die wahrscheinlich auch einmal über den m-Bereich hinausgegangen sind (Abb. 61).

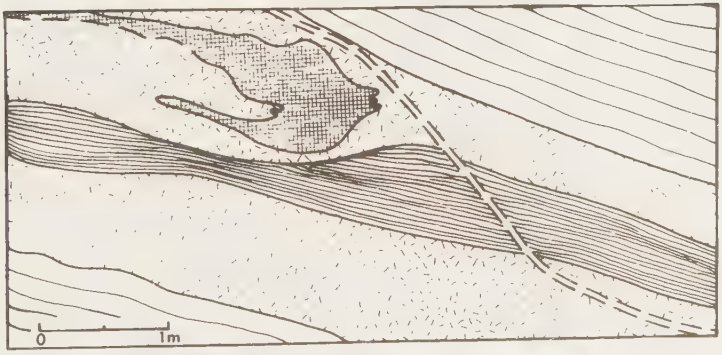
Gegenüber Bleiglanz verhalten sich ZnS-Mobilisate ortsbeständiger. Größere Migrationsweiten könnte man dagegen Bleiglanzkörpern zubilligen, die zeitweise als unregelmäßig begrenzte, grobkristalline Partien im Erzkörper "schwimmen" (Abb. 59). Ein ähnlich starkes Mobilisationsverhalten zeigen Magnetkies und Kupferkies. Typisch für beide Minerale sind grobkörnige Mobilisate in der "filone"-Fazies und in Quarzknauern. Menge und Größe dieser

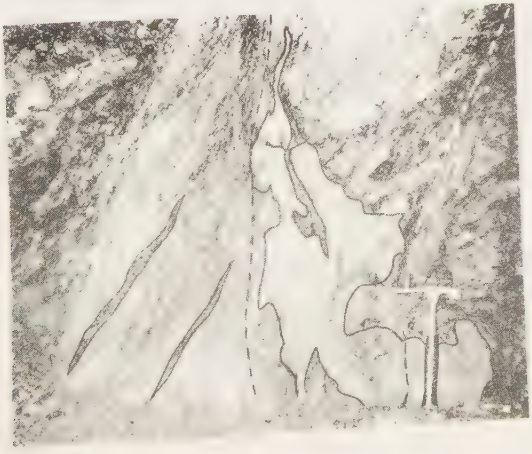
Abb. 58:
Quarzhaltiges Zinkblende-Mobilisat mit schieferungskonkordanten Apophysen von Zinkblende. Revier SW, 2.000 m

Abb. 59:
Vererzung im 3. Aufbruch, Revier SW (2.000 m). Mobilisierter, grobkörniger Bleiglanzkörper in der "filone"-Fazies. Die Störung ist mit Quarz und Granat ausgefüllt

Abb. 60:
Im Störungsbereich mobilisierter, feinkörnig rekristallisierter Bleiglanzkörper. Linke Bildseite zwei "filone"-Fazieslagen. Revier SW (2.000 m)




0
1m



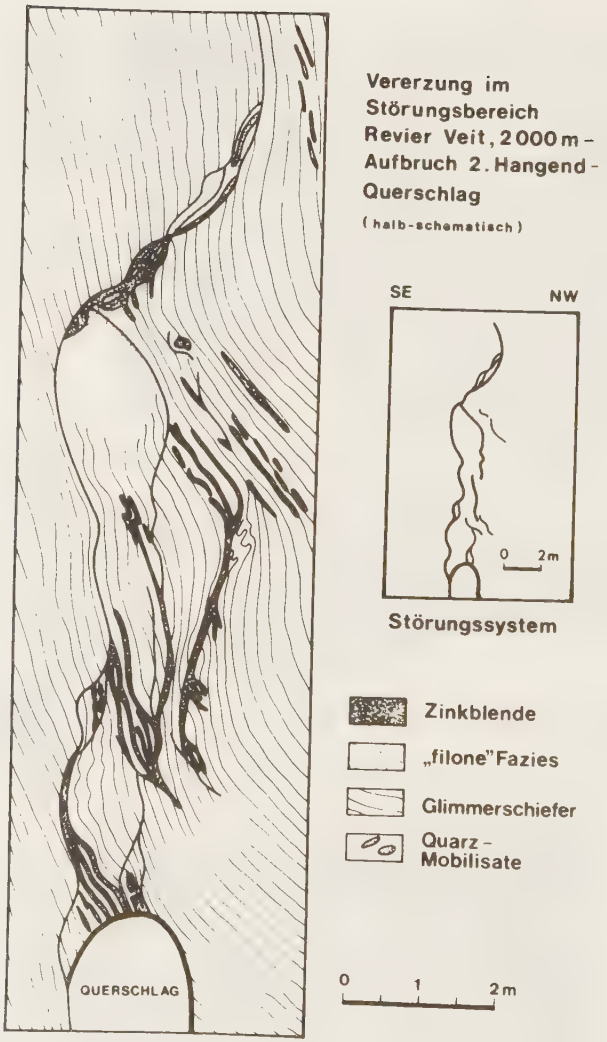


Abb. 61: Flexurartig aufgebogene und gestörte Vererzung im Revier Veit (2.000 m). In der oberen Bildhälfte im Störungsbereich mobilisierte Zinkblende mit Quarzmobilisaten

Aggregate treten aber gegenüber den Bleiglanzkörpern stark zurück.

Als Ergebnis einer selektiven Mobilisation könnte das laterale Übergehen in Zinkblendelagen von Zinkblende zu Zinkblende/Magnetkies/Kupferkies bis zu reinem Magnetkies/Kupferkies gedeutet werden.

Die bisher gemachten Beobachtungen lassen vermuten, daß diese Mobilisationen während der beiden prätriadischen Hauptdeformationen stattgefunden haben.

Während der alpidischen Metamorphose sind wahrscheinlich vor allem nur die Minerale Bleiglanz und Magnetkies partiell mobilisiert worden. Derartige Erscheinungen treten zwar nur lokal auf, unterscheiden sich aber doch von den oben beschriebenen, quantitativ vorherrschenden Mobilisationen. An einer Stelle in den Neuauffahrungen, im Revier SW (2.000 m), tritt Bleiglanz in einer breiteren Störungszone in feinkristalliner, tektonisch stark beanspruchter Form auf (Abb. 60). Während einer erneuten Beanspruchung dieser Störungszone muß auch der Bleiglanz in diesem Bereich wiederholt mobilisiert worden sein.

In Kap. 5.251 wurde schon erwähnt, daß Magnetkies tapetenartig auf offene Klüfte mobilisiert wurde. Auch diese Art der Mobilisation ist nur einmal in den Neuauffahrungen angetroffen worden. In einer sicher letzten Phase sind Pyritkristalle auf offenen Klüften abgesetzt worden.

Abschließend sei noch auf ein unterschiedlich starkes Mobilisationsverhalten der Sulfide im Revier SW (2.000 m, 2.060 m) und Revier NE (2.000 m) sowie dem Randbereich der Lagerstätte im Revier Veit (2.000 m) hingewiesen. Sehr grobkörnige ZnS- und PbS-Mobilisate treten im Revier Veit (2.000 m) fast vollständig zurück. Ebenso Magnetkies- und Kupferkiesmobilisate. Vermehrt sind dagegen nur von ZnS-Lagen abscharende, diskordant auf kurze Entfernung aushaltende, ZnS-Schnüre zu beobachten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Sulfidmobilisationen in den Neuauffahrungen der Lagerstätte nur eine lokal begrenzte Ausdehnung erkennen lassen. Migrationsweiten über den m-Bereich hinaus sind nur schwer abschätzbar. Nach den vorherrschenden Ansichten über Art und Weise des Sulfidtransportes erscheint es zulässig, auch für die Schneeberger Erze eine teilweise schmelzflüssige Mobilisierung anzunehmen.

Das heute weitaus vorherrschende Gefügebild der Mobilisate im m-Bereich wie im Erzanschliff wurde jedenfalls durch eine intensive Metamorphose-Phase sehr hoher Temperatur geschaffen. Ältere Gefügebilder sind verwischt und die letzte alpidische Phase hat nur noch unbedeutende Mobilisationen, wie z. B. lokale Kluftbestege, hervorgerufen.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Mit dieser Arbeit wird aus dem Lagerstättenbereich Schneeberg erstmals eine systematische geochemische Bearbeitung am Beispiel der Sulfiderze der neu angefahrenen Lagerstättenteile vorgelegt. Diese Neuauffahrungen wurden ebenfalls systematisch auf ihren Erzmineralinhalt hin untersucht und, soweit möglich, mit der Paragenese des Alten Lagers verglichen. Zur Ergänzung der geochemischen und erzmikroskopischen Untersuchungen wurden auch S-Isotopenuntersuchungen an Sulfiden durchgeführt.

Es konnte bestätigt werden, daß die mineralisierten Lagerstättenteile konkordant in das Nebengestein der Gneissglimmerschiefer des Ötztal-Kristallins eingelagert sind und die Mineralisation an eine "erzbegleitende Fazies" gebunden ist. Kennzeichnend für die Vererzung ist eine Wechsellagerung aus Erz- und Nebengesteinslagen. Trotz der metamorphen Überprägung und Stoffmobilisation ist dieser (?)primäre Lagenbau als "sedimentäres" Relikt er-

halten geblieben. Der Verlauf zweier Muskowit-Gneiss-Bänder (Meta-Vulkanite) kann als Beweis des übergeordneten Lagenbaus angesehen werden. Die primäre Erzanreicherung muß im räumlich-zeitlichen Zusammenhang mit diesen Gneiss-Bändern vor einer ersten metamorphen Überprägung schichtgebunden stattgefunden haben.

Ein Vergleich der drei Lagerstättenbereiche auf dem 2.000 m-Niveau läßt erkennen, daß im östlichsten Bereich (Revier Veit/Homan) die horizontale Erstreckung der einzelnen Erzlinsen im Streichen abnimmt. Die im Lazzachertal am Tage anstehende Vererzung ist dann nur noch in Einzellagen beobachtbar. Sie scheint hier nach den obertägigen Beobachtungen auszuklingen. Von den Aufschlußbeobachtungen her kann es ausgeschlossen werden, daß es sich hier um metamorphe Mobilisate aus der Haupterzlagerstätte handelt.

Metamorphe Mobilisate sind nur innerhalb der Erzkörper nachzuweisen. Sie gehen aber selten über den m-Bereich hinaus. Das Ausmaß des Stofftransportes ist zwar lokal unterschiedlich, hat aber nicht ausgereicht, die Erze verstärkt zu konzentrieren oder sie in einiger Entfernung vom Erzkörper in abbauwürdiger Menge abzusetzen.

Die Bearbeitung der Erzanschliffe hat gezeigt, daß die Erzmineralparagenese der Lagerstätte Schneeberg vielfältiger ist, als bisher angenommen wurde. Sowohl im Alten Lager als auch in den Neuauffahrungen sind neue, bisher in Schneeberg unbekannte Erzminerale gefunden worden. Die Minerale Dyskrasit, Polybasit, Ullmannit, Linneit und ged. Wismut wurden mit Hilfe von Mikrosondenuntersuchungen bestimmt. Darüberhinaus werden Rotgültigerz, Breithauptit, Mackinawit, Zinnkies und Molybdänglanz neu beschrieben.

Für den Lagerstättenbezirk Schneeberg/Pflersch kann belegt werden, daß die mineralogische Vielfalt der Erzparagenesen vom Alten Lager nach E (Revier Veit/Homan) und

weiter zum Pflerschtal hin abnimmt. Diese Verarmung zeigt sich am deutlichsten im Streichen auf dem 2.000 m-Niveau nach E. Dagegen existiert im W zwischen dem Alten Lager und seiner Fortsetzung auf die tieferen Sohlen (SW, 2.060 m; SW, 2.000 m) ein paragenetischer Zusammenhang.

An Hand der Co-Ni-Analysen an Magnetkiesen ist zu erkennen, daß sich die einzelnen Lagerstättenbereiche in ihrer geochemischen Zusammensetzung signifikant unterscheiden. Die Reviere Veit/Homan lassen sich durch die relativ konstanten und deutlich geringeren Co-Ni-Gehalte von den anderen Revieren der Neuauffahrungen abgrenzen. Die Analysen zeigen weiter, daß vermutlich ein Teil des Magnetkieses aus Pyrit entstanden ist. Reliktisch erhaltene, sf-konkordante Pyritlagen können einen weiteren Beweis dafür darstellen.

Durch Spurenelementuntersuchungen an Zinkblenden (Co, Mn, Fe, Cd) lassen sich ebenfalls die Reviere Veit/Homan in ihren Gehalten von den anderen Revieren geochemisch abgrenzen. Mit Hilfe einer Diskriminanz-Analyse konnten zwei Lagerstättenbereiche (SW, 2.060 m/SW, 2.000 m/NE, 2.000 m und Revier Veit/Homan) getrennt werden, die sich in bezug auf ihre geochemische Zusammensetzung signifikant unterscheiden.

Die Ergebnisse der erzmikroskopischen und geochemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß der Bereich des Alten Lagers sowie seine Fortsetzung auf die tieferen Sohlen der Neuauffahrungen (SW, 2.060 m; SW, 2.000 m) von einem randlichen Bereich (Revier Veit/Homan) zu trennen ist.

Obwohl die Aussagekraft der wenigen S-Isotopendaten gering ist, zeichnet sich auch in der S-Isotopenverteilung ein Kontrast zwischen dem Revier Veit und den übrigen Lagerstättenteilen ab.

Eine kritische Zusammenschau der geochemischen Analysendaten legt die Schlußfolgerung nahe, daß sich in den si-

gnifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Revieren ein W-E gerichteter Trend abzeichnet, der "geologisch sehr alt" angelegt sein muß und keinesfalls auf die verschiedenen metamorphen Überprägungsphasen zurückgeführt werden kann. So wäre dieser im Verteilungsmuster der Spurenelemente wie der gesamten Erzparagenese erkennbare Trend eventuell als ein Hinweis auf die primärsedimentäre Anlage der Sulfiderzkonzentrationen zu deuten, wobei die Reviere Veit/Homan den ursprünglichen, paläogeographisch bedingten Randbereich der Lagerstätte Schneeberg darstellen.

Die Diskussion der Untersuchungsergebnisse erbrachte überwiegend Kriterien, wonach die Lagerstätte Schneeberg eine sedimentäre, schichtgebundene Anreicherung von Buntmetallsulfiden darstellt, die zusammen mit ihrem Nebengestein mehrfach metamorph überprägt worden ist. Eine damit zusammenhängende tektonisch-metamorphe Stoffmobilisierung hat die Sulfide zwar lokal umgelagert, aber nicht in größerem Umfang konzentriert.

Die Lagerstätte läßt keine Beziehungen zu erzbringenden Magmatiten erkennen. Sie kann heute vielmehr als typischer Vertreter der stratiformen und hochmetamorphen Sulfiderzlagerstätten der Ostalpen bezeichnet werden und ist bei einem genetischen Vergleich etwa zwischen die weniger metamorphen Lagerstätten Mount Isa (Australien) und Rammelsberg und die höher metamorphe Lagerstätte Broken Hill (Australien) zu stellen.

LITERATURVERZEICHNIS

ARNOLD, R.G., COLEMAN, R.G. & FRYKLUND, V.C.: Temperature of crystallization of pyrrhotite and sphalerite from the Highland-Surprise Mine, Coeur d'Alene district Idaho. - Econ. Geol., 57, 1163 - 1174, 1962

ARNOLD, R.G.: Range in composition and structure of 82 natural terrestrial pyrrhotites. - Canad. Miner., 9, 31 - 50, 1967

- Pyrrhotite phase relations below 304 ± 6°C at 1 atm total pressure. - Econ. Geol., 64, 405 - 419, 1969

BATT, A.P.:Nickel distribution in hexagonal and monoclinic pyrrhotite. - Canad. Miner., 11, 892 - 897, 1972

BAUMANN, M.: Geologische Untersuchungen am Ostende des Schneeberger Zuges zwischen Sterzing und Schneeberg/ Passeiertal (Südtirol). - Diss. TH München, 102 S., 1967

BERGEAT, A. & STELZNER, A.W.: Die Erzlagerstätten. - 1330 S., Leipzig (Felix), 1904 - 1906

BEUST, C. v.: Über die Erzlagerstätte von Schneeberg unweit Sterzing in Tirol. - Jb. Geol. Reichsanst. Wien, 20, 505 - 510, 1870

BJØRLYKKE, H. & JARP, S.: The content of cobalt in some Norwegian sulfide deposits. - Norsk geol. Tidsskr., 28, 151 - 156, 1950

BOTH, R.A.: Minor Element Geochemistry of Sulphide Minerals in the Broken Hill Lode (N.S.W.) in Relation to the Origin of the Ore. - Min. Dep., 349 - 369, 1973

BRETT, P.R. & KULLERUD, G.: The Fe-Pb-S-system. - Carn. Inst. Washington, Year Book 63, 1963 - 64

BRIGO, L.: Il giacimento a Pb-Zn di S. Martino di Monteneve in Alto Adige. - Economia Trentina, 5 - 6, 63 - 117, Trento 1965

CAMBEL, B. & JARKOVSKY, J.: The possibility of utilising of the nickel and cobalt in pyrites as indicators of ore genesis. - Geol. zborn. Slov. akad. vied, 17, 17 - 34, Bratislava 1966

- Mathematic-statistical valuation of Ni and Co contents in pyrrhotites. - Geol. zborn. Slov. akad. vied, 21, 43 - 53, Bratislava 1970

CANAVAL, R.: Natur und Entstehung der Erzlagerstätten am Schneeberg in Tirol. - Z. prakt. Geol., 16, 479 - 483, 1908

CLAR, E.: Schneeberg in Tirol. Einige Beobachtungen zur Kennzeichnung des Lagerstättentypus. - Cbl. Min., Abt. A, 4, 105 - 124, 1931 (a)

- Zwei Erzentmischungen von Schneeberg in Tirol. - Cbl. Min., Abt. A, 5, 147 - 153, 1931 (b)

CLAR, E. & FRIEDRICH, O.: Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. - Z. prakt. Geol., 41, 73 - 79, 1933

COLBERTALDO, D. di: Corso giacimenti minerari. - Bd. 1, CEDAM Padova, 320 S., 1957

- Giacimento minerari. Giacimentologia generale e giacimenti di Pb-Zn (e Ag). - Bd. 1, CEDAM Padova, 383 S., 1967

DESSAU, G. & PERNA, G.: Le mineralizzazioni a galena e blenda del Trentino-Alto Adige e loro contenuto in elementi accessori. - Symp. Int. Giac. Min. Alpi, 3, 587 - 687, Trento 1968

ELTERLEIN, A. v.: Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätten des Schneebergs bei Mayrn in Südtirol. - Jb. Geol. Reichsanst. Wien, 41, 289 - 347, 1891

FÖRSTER, H.: Die lagerstättenkundliche Auswertung gefügeanalytischer Störungsuntersuchungen am Beispiel der Blei-Zink-Lagerstätte Monteneve (Südtirol). - Dipl. Arb. Bergakademie Clausthal, 133 S., 1960

FÜRSTER, H.: Die Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg in Südtirol. - Diss. TH Aachen, 126 S., 1963

- Alter und Entstehung der Blei-Zink-Erze von Schneeberg in Südtirol. - Symp. Int. Giac. Min. Alpi, 3, 835 - 839, Trento 1966 (a)

- Die Genese der Blei-Zinklagerstätte Schneeberg in Südtirol und die geologische Stellung des Schneeberger Gesteinszuges. - N. Jb. Miner. Abh., 105, 262 - 291, 1966 (b)

- Ein Beitrag zur Geologie des Lagerstättenbezirks Schneeberg-Gossensaß in Südtirol. - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 227 - 233, 1966 (c)

- Petrographische und tektonische Untersuchungen in den südlichen Stubaier und westlichen Zillertaler Alpen. - Habil.-Schrift TH Aachen, 185 S., Aachen 1969

FÜRSTER, H. & LEONHARDT, J.: Die Ötztaler Masse - ein präkambrisches Element in den Ostalpen. - Geol. Rdsch., 61, 69 - 87, Stuttgart 1972

FRIEDRICH, O.M.: Neue Betrachtungen zur ostalpinen Vererzung. - Karinthin, 45/46, 210 - 228, 1962

FRYKLUND, V.C. & HARNER, R.S.: Comments on minor elements in pyrrhotite. - Econ. Geol., 50, 339 - 344, 1955

GAVELIN, S. & GABRIELSON, O.: Spectrochemical investigation of sulphide minerals from the ores of Skellefte district. The significance of minor constituents for certain practical and theoretical problems of economic geology. - Sver. Geol. Unders., Ser. C, Nr. 491, 1 - 45, 1947

GEHRISCH, W.: Vergleichende Studien zwischen Spurenelement-Gehalten und Schwefelisotopen-Verhältnissen in Sulfiden der Kieslagerstätte Sulitjelma/Nordnorwegen. - Diss. TH München, 97 S., 1972

GEHRISCH, W., MAUCHER, A. & NIELSEN, H.: Sulfur-Isotope and Trace Element Analyses from the Sulitjelma Ore Bodies, Northern Norway. - Min. Dep., 10, 57 - 69, 1975

GRANIGG, B.: Über die Ausbisse der "Hangendlagerstätte" am Schneeberg bei Sterzing in Tirol. - Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 55, 122 - 125, 1907 (a)

- Ein Beitrag zur Kenntnis der Tektonik der Erzlagerstätten am Schneeberg bei Sterzing in Tirol. - Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 55, 329 - 334, 341 - 344, 360 - 363, 1907 (b)

- Die stoffliche Zusammensetzung der Schneeberger Lagerstätten. - Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 56, 329 - 334, 341 - 345, 359 - 362, 374 - 378, 389 - 391, 398 - 400, 1908 (a)

- Die Bauwürdigkeit der Schneeberger Lagerstätten. - Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 56, 533 - 539, 551 - 554, 560 - 563, 1908 (b)

- Zur Systematik der Lagerstätte "Schneeberg" in Tirol. - Z. prakt. Geol., 19, 467 - 468, 1911

- Zur Systematik der Lagerstätte "Schneeberg" in Tirol. Entgegnung auf die Erwiderung des Herrn Lazarevic. - 20, 164 - 167, 1912

HAMILTON, L.H. & MUIR, M.D.: Precambrian Microfossils from the McArthur River Lead-Zinc-Silver Deposit Northern Territory, Australien. - Min. Dep., 83 - 86, 1974

HARRE, W., KREUZER, H., LENZ, H., MÜLLER, P., WENDT, I. & SCHMIDT, K.: Rb/Sr- und K/Ar-Altersbestimmungen an Gesteinen des Ötztalkristallins (Ostalpen). - Geol. Jb., 86, 797 - 862, 1968

HEGEMANN, F.: Die isomorphen Beziehungen von Mn, Zn, Co, Ni und Cu zu Pyrit und Magnetkies. - Z. f. Krist., 103, 168 - 177, 1941

HEGEMANN, F.: Die geochemische Bedeutung von Kobalt und Nickel im Pyrit. - Z. f. angew. Miner., 4, 121 - 239, 1943

HELBIG, P.: Petrographische und gefügekundliche Untersuchungen am Westende des Schneeberger Zuges. - Diss. TH München, Auszug, 22 S., 1969

HEWETT, R.L. & SOLOMON, P.J.: The role of mobilisation in silver-lead-zinc sulphide assemblages, with particular reference to Mount Isa, Australien. - Inter. Geol. Congr., 22nd Session, India, (unpublished rept., 1964)

KARL, F.: Lagerstättenkundliche und geologische Untersuchungen in Monteneve, Lazzacher- und Pflerschtal. - Unveröff. Ber., A.M.M.I. s.p.a., Rom 1959

- Bericht über die geologisch-lagerstättenkundlichen und bergtechnischen Untersuchungen (Abschlußbericht). - Unveröff. Ber., A.M.M.I. s.p.a., Rom 1961

KLIX, V.: Lagerungsverband und tektonische Prägung der Blei-Zinkerzlagerstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N-Italien). - Diss. FU Berlin, 165 S., 1974

KOARK, H.J.: Zur Entstehung des tektonischen Stengelbaus an präkambrischen Eisen- und Sulfiderzkörpern der zentralschwedischen Leptitserie. - Min. Dep., 8, 19 - 34, 1973

KULLERUD, G. & MOH, G.H.: Das Problem "Erz-Nebengestein" erläutert an ausgewählten Beispielen im Experiment. - Min. Dep., 7, 271 - 279, 1972

LAWRENCE, L.J.: Sulphide neomagmas and highly metamorphosed sulphide deposits. - Min. Dep., 2, 5 - 10, 1967

- Polymetamorphism of the Sulphide Ores of Broken Hill, N.S.W., Australia. - Min. Dep., 8, 211 - 236, 1973

LAZAREVIC, M.: Zur Systematik der Lagerstätte "Schneeberg" in Tirol. - Z. prakt. Geol., 19, 316 - 321, 1911

McDONALD, J.A.: Metamorphism and its effects on sulphide assemblages. - Min. Dep., 2, 200 - 220, 1967

MIKKOLA, A.K. & VÄISÄNEN, S.E.: Remobilization of Sulphides in the Outokumpu and Vihanti ore deposits, Finland. - 24th IGC, Canada, Sect. 4, 488 - 494, 1972

MILLER, D.S., JÄGER, E. & SCHMIDT, K.: Rb-Sr-Altersbestimmungen an Biotiten der Raibler Schichten des Brenner-Mesozoikums und am Muskovitgranit-Gneis von Vent (Ötztaler Alpen). - Eclog. Geol. Helv., 60, 537 - 541, 1967

NEY, P.: Zeta-Potentiale und Flotierbarkeit von Mineralen. - Applied Mineralogy (Technische Mineralogie), 6, Wien-New York: Springer-Verlag, 1973

NIELSEN, H.: Data handling in precise isotope ratio research. - Advances in mass spectrometry, 4, 267 - 274, London 1968

- Isotopic composition of the major contributors to atmospheric sulfur. - Tellus, 26, 213 - 221, 1974

NILSEN, O. & MUKHERJEE, A.D.: Geology of the Kvikne Mines with special reference to the sulphide ore mineralization. - Norsk geol. Tidsskr., 52, 151 - 192, 1972

OMAR, O.: Die Anwendung geochemischer Prospektionsmethoden im Gebiet zwischen den Blei-Zink-Lagerstätten Schneeberg/Monteneve & Pflerschtal/Val di Fleres Südtirol/Italien. - Unveröff. Dipl. Arb. FU Berlin, 1974

OMENETTO, P.: The Significance of the Inclusions in Pyrite of Two Conformable Cupriferous Pyrite Deposits, Alagna and Petit Monde, NW-Italy (with Regards to Metamorphic Mobilisation of Ores). - Remobilisation of Ores and Minerals, 149 - 158, Cagliari 1969

OTTAVIANI, A.: La Riorganizzazione delle Miniera di Monteneve. - Symp. Int. Giac. Min. Alpi, 4, 1141 - 1148, Trento 1966

POŠEPNÝ, F.: Über die Erzlagerstätte am Schneeberg in Tirol. - Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw., 27, S. 106, 1879

PURTSCHELLER, F.: Petrographische Untersuchungen an Alumosilikatgneisen des Ötztal-Stubaier Altkristallins. - Tschermaks Miner. u. Petrogr. Mitt., 13, 35 - 54, 1969

- Ötztaler und Stubaier Alpen. - Sammlung geologischer Führer, 53, 111 S., Stuttgart 1971

RAMDOHR, P.: Beobachtungen an opaken Erzen. - Archiv f. Lagerstättenforschung, 34, 30 S., 1924

- Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen. - Akad. Verlag, 3. Aufl., Berlin 1960

RICHE, W.: Präparation von Schwefeldioxid zur massenspektrometrischen Bestimmung des Schwefel-Isotopen-Verhältnisses $^{32}S/^{34}S$ in natürlichen Schwefelverbindungen. - Z. Anal. Chem., 199, 401 - 413, 1964

ROBERTS, W.M.B.: Sulphide Synthesis and Ore Genesis. - Min. Dep., 2, 188 - 199, 1967

ROCKENBAUER, W.: Zur Geochemie des Selens in ostalpinen Erzen. - Tschermaks Miner. u. Petrogr. Mitt., 7, 149 - 185, 1960

ROST, F.: Spektralanalytische Untersuchungen an sulfidischen Erzlagerstätten des ostbayerischen Grenzgebirges. - Z. f. angew. Miner., 2, H. 1, 1-27, 1939

SAKSELA, M.: Die Entstehung der Outokumpu-Erze im Lichte der tektonisch-metamorphen Stoffmobilisierung. - N. Jb. Miner. Abh., 91 (Festband Schneiderhöhn), 278 - 302, 1957

SCHMIDEGG, O.: Neue Ergebnisse in den südlichen Ötztaler Alpen. - Verh. Geol. Bundesanst., 5/6, 83 - 95, Wien 1933

- Die Ötztaler Schubmasse und ihre Umgebung. - Verh. Geol. Bundesanst., H. 1-3, 27 - 47, Wien 1964

SCHMIDT, K.: Zum Bau der südlichen Ötztaler und Stubaier Alpen. - Verh. Geol. Bundesanst., Sonderh. G, 199 - 213, Wien 1965

SCHMIDT, K., JÄGER, E., GRÜNENFELDER, M. & GRÖGLER, N.: Rb-Sr- und U-Pb-Altersbestimmungen an Proben des Ötztalkristallins und des Schneeberger Zuges. - Eclog. Geol. Helv., 60, 529 - 536, 1967

SCHMITZ, N.: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtals bei Gossensass in Südtirol/Italien. Zur genetischen Kennzeichnung eines ostalpinen Erzvorkommens. - Diss. TH Aachen, 243 S., 1971

- Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtals. - Geol. Rdsch., 63, 148 - 165, 1974

SCHOT, E.H., OTTEMANN, J. & OMENETTO, P.: Some new observations on mackinawite and valleriite. - Rendic. Soc. It. Min. Petrol., 28, 241 - 295, Padova 1972

SCHROLL, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenelemente in Blei-Zink-Erzen der ostalpinen Metallprovinz. - Tschermaks Miner. u. Petrogr. Mitt., 5, 183 - 208, 1956

SIEMES, H.: Bestimmungen von Elementen geringerer Konzentration in Bleiglanz mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse. - Erzmetall, 15, 463 - 471, 1962

TORNQUIST, A.: Neue Untersuchungen ostalpiner Erzlagerstätten. - Metall u. Erz, 29, 431 - 434, 1932

TUFAR, W.: Zur Altersgliederung der ostalpinen Vererzung. - Geol. Rdsch., 63, 105 - 124, 1974

VÄHÄTALO, V.O.: On the geology of the Outokumpu ore deposit in Finland. - Diss. Helsinki 1953

VOKES, F.M.: Geological studies on the Caledonian pyritic zinc-lead orebody at Bleikvassli, Nordland, Norway. - Norg. Geol. Unders., 222, 1 - 126, Oslo 1963

- Linnaeite from the Precambrian Group of Finnmark, Norway. - Min. Dep., 2, 11 - 25, 1967

- A review of the metamorphism of sulfide deposits. - Earth-Sci. Rev., 5, 99 - 143, Amsterdam 1969

- Some Aspects of the Regional Metamorphic Mobilization of Preexisting Sulphide Deposits. - Min. Dep., 6, 122 - 129, 1971

WEINSCHENK, E.: Die Erzlagerstätte des Schneebergs in Tirol und ihr Verhältnis zu jener des Silberbergs bei Bodenmais im bayrischen Wald. - Z. prakt. Geol., 11, 231 - 237, 1903

YUND, R.A. & HALL, H.T.: Hexagonal and monoclinic pyrrhotites. - Econ. Geol., 64, 420 - 423, 1969

Geologische Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Sölden und St. Leonhard (SCHMIDEGG, O.), Maßst. 1 : 75 000, Geol. Bundesanst. Wien, 1932

Carta Geologica d'Italia, foglio 4, Merano (GREGNANIN et al.), Maßst. 1 : 100 000, Servizio Geologico d'Italia, Roma 1970

L e b e n s l a u f

Am 31. 8. 1945 wurde ich in Gera/Thüringen als Sohn des Arztes Dr. Werner Pagel und seiner Ehefrau Ehrentraut, geb. Sudau, geboren.

Von 1951 bis 1958 besuchte ich die Grundschule in Berlin. Ostern 1958 trat ich in die Robert-Koch-Schule in Berlin ein, an der ich im März 1965 mein Abitur ablegte.

Im April 1965 wurde ich an der Freien Universität Berlin immatrikuliert und studierte zunächst Rechtswissenschaften. Innerhalb des Wintersemesters 1965/1966 wechselte ich mein Studienfach und begann an der Freien Universität Berlin mit dem Studium der Geologie.

Die Diplom-Vorprüfung in Geologie habe ich im Mai 1968, die Diplom-Hauptprüfung im Juli 1970 abgelegt.

Seit 1971 arbeite ich am Institut für Angewandte Geologie der FU Berlin an meiner Dissertation.

Meine akademischen Lehrer waren:

G. BISCHOFF, J. BRANDENBURG, H. BRÜHL, W. BÜSCH, W. FRANKE, K. GERMANN, P. GIESE, G. HAHN, C.F. JAHR, W.G. KÜHNE, C. KUHNERT, H. LASSEN, J. LIEDHOLZ, F.K. LIST, K.R. MEHNERT, P. MÖLLER, M. RICHTER, H.-J. SCHNEIDER, E. SEELIGER, A. WILLGALLIS

B. Ladewig - Dissertationsdruck - 1 Berlin 12 - Pestalozzistraße 106
Tel.: 3128885 - 3138198